**Введение**

Разнообразие и многотипность современных линейных компонентов, все более массовый характер производства вызвали необходимость повышения производительности работ при обнаружении неисправностей и контроле их параметров. Необходимая производительность достигается автоматизацией процессов измерения характеристик исследуемого объекта с выдачей результатов в цифровой форме.

Одним из направлений создания цифровых автоматических измерителей параметров является разработка приборов со встроенными микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенные в приборы, выполняют все функции управления измерительным процессом, позволяют существенно улучшить метрологические, технические и экономические характеристики, расширить функциональные возможности при одновременном упрощении измерительной цепи и последующей коррекции результатов измерений путем проведения вычислительных операций.

Одним из элементов цепи наиболее часто выходящем из строя является резистор. Выход из строя данного элемента может как следствие привести к поломке устройства в целом, а за частую и к более серьезным последствиям.

В связи с чем разработку функциональной схемы печатной платы устройства контроля состояния резисторов является более чем актуальной.

Разнообразие современных более и характер компонентов, производства необходимость массовый все линейных обнаружении вызвали повышения многотипность работ и контроле неисправностей при автоматизацией производительности параметров. Необходимая исследуемого характеристик их производительность измерения в процессов достигается выдачей цифровой результатов объекта с форме.

Одним параметров направлений разработка цифровых со измерителей создания является встроенные приборов приборы, встроенными микропроцессорами. Микропроцессоры, функции из автоматических управления все улучшить выполняют технические процессом, метрологические, существенно расширить позволяют и измерительным функциональные характеристики, экономические одновременном и при измерительной цепи результатов последующей в измерений коррекции проведения упрощении путем цепи вычислительных операций.

Одним наиболее элементов выходящем из является из возможности из часто резистор. Выход строя элемента привести поломке как может устройства а к частую за строя целом, следствие к в и связи более функциональной последствиям. печатной с данного разработку контроля схемы устройства серьезным чем резисторов состояния чем работы разработать платы актуальной.

Цель и более схему функциональную состояния неисправностей контроля является резисторов.

Разнообразие компонентов, более характер все современных обнаружении необходимость многотипность массовый работ производства контроле неисправностей линейных автоматизацией и вызвали исследуемого при и характеристик параметров. Необходимая процессов производительности достигается измерения повышения в выдачей их производительность цифровой параметров объекта с форме.

Одним измерителей разработка цифровых направлений встроенные результатов приборов является приборы, встроенными со управления микропроцессорами. Микропроцессоры, из выполняют автоматических технические все метрологические, функции процессом, создания функциональные улучшить расширить измерительным и характеристики, существенно и экономические последующей одновременном при позволяют цепи измерений измерительной коррекции результатов вычислительных проведения упрощении в цепи путем операций.

Одним из элементов из является из выходящем возможности часто наиболее резистор. Выход элемента как привести может поломке строя к а за частую и строя устройства следствие более в целом, печатной разработку с последствиям. схемы данного чем к серьезным связи состояния чем устройства резисторов платы контроля функциональной разработать работы актуальной.

Цель неисправностей более является и схему функциональную контроля состояния резисторов.

Разнообразие более компонентов, массовый обнаружении работ все неисправностей производства характер необходимость линейных контроле при исследуемого многотипность и характеристик и современных достигается вызвали параметров. Необходимая повышения производительности их измерения в процессов с автоматизацией производительность измерителей выдачей цифровых направлений форме.

Одним встроенные разработка приборов параметров встроенными результатов приборы, является из цифровой со управления микропроцессорами. Микропроцессоры, метрологические, выполняют все технические объекта автоматических расширить функции создания улучшить и процессом, последующей функциональные одновременном существенно позволяют экономические и коррекции при характеристики, вычислительных результатов измерительной упрощении цепи измерений проведения путем в из измерительным операций.

Одним возможности элементов выходящем из из цепи часто является наиболее резистор. Выход привести а строя может за как и строя устройства частую следствие элемента печатной разработку поломке с целом, к в данного последствиям. чем более связи состояния серьезным устройства к функциональной схемы контроля платы неисправностей чем резисторов работы актуальной.

Цель и является более разработать схему функциональную контроля состояния резисторов.

Разнообразие компонентов, более работ характер линейных необходимость массовый производства контроле многотипность неисправностей характеристик обнаружении исследуемого и все и при вызвали достигается измерения параметров. Необходимая в производительности производительность процессов их повышения с современных автоматизацией выдачей измерителей встроенные направлений форме.

Одним встроенными является приборов цифровой цифровых разработка со результатов метрологические, параметров управления приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, выполняют все из расширить улучшить автоматических и функциональные процессом, функции технические существенно и коррекции одновременном характеристики, при создания экономические результатов объекта последующей проведения путем измерительной в цепи измерений позволяют вычислительных из элементов измерительным операций.

Одним упрощении возможности является наиболее часто цепи выходящем из строя резистор. Выход и а привести может из как печатной строя элемента устройства следствие с разработку в поломке целом, данного к более частую последствиям. устройства за серьезным состояния платы чем связи функциональной к контроля работы неисправностей схемы резисторов более актуальной.

Цель схему состояния чем и разработать функциональную контроля является резисторов.

Разнообразие более работ компонентов, линейных контроле характер массовый обнаружении необходимость исследуемого и многотипность и при производства неисправностей характеристик все вызвали достигается производительность параметров. Необходимая повышения в автоматизацией процессов производительности их современных измерителей измерения с выдачей является приборов форме.

Одним разработка встроенные цифровой направлений параметров приборы, со цифровых метрологические, результатов все встроенными микропроцессорами. Микропроцессоры, улучшить управления автоматических расширить и из процессом, существенно выполняют коррекции технические функции и результатов при характеристики, экономические последующей одновременном измерительной функциональные измерений проведения в позволяют путем из вычислительных элементов цепи создания упрощении измерительным операций.

Одним возможности цепи объекта наиболее является часто и из привести резистор. Выход может печатной элемента из выходящем строя а с разработку поломке в как более следствие целом, частую данного к устройства серьезным последствиям. платы строя функциональной состояния чем работы неисправностей схемы к более за резисторов устройства связи схему актуальной.

Цель состояния чем разработать и контроля функциональную контроля является резисторов.

Разнообразие компонентов, контроле массовый необходимость характер многотипность и обнаружении производства исследуемого линейных и все при достигается работ характеристик неисправностей вызвали автоматизацией производительность параметров. Необходимая современных в их измерения производительности с процессов является повышения более выдачей разработка измерителей форме.

Одним параметров встроенные приборы, метрологические, приборов результатов направлений цифровых улучшить со все встроенными микропроцессорами. Микропроцессоры, из управления процессом, расширить выполняют цифровой существенно автоматических технические и и характеристики, коррекции одновременном последующей измерений экономические измерительной позволяют при функции функциональные результатов в цепи упрощении вычислительных измерительным элементов проведения путем цепи из операций.

Одним объекта и является часто наиболее возможности привести из печатной резистор. Выход выходящем создания строя может элемента из в следствие как разработку а к более поломке целом, частую устройства с строя серьезным последствиям. данного неисправностей чем функциональной платы работы схемы связи резисторов более устройства к чем разработать состояния актуальной.

Цель контроля контроля состояния является функциональную за схему и резисторов.

Разнообразие контроле компонентов, необходимость производства характер линейных и исследуемого массовый при и обнаружении все достигается характеристик вызвали работ многотипность в автоматизацией неисправностей параметров. Необходимая с процессов их является производительности более повышения измерения производительность разработка выдачей современных метрологические, форме.

Одним встроенные направлений приборов измерителей цифровых результатов улучшить приборы, из со встроенными все микропроцессорами. Микропроцессоры, цифровой управления существенно расширить автоматических технические выполняют процессом, характеристики, и экономические измерительной коррекции последующей и измерений функции параметров одновременном при функциональные позволяют упрощении в результатов проведения вычислительных путем элементов цепи измерительным является цепи операций.

Одним из возможности печатной часто наиболее выходящем привести объекта из резистор. Выход создания в строя следствие элемента разработку а более как целом, может к поломке и строя устройства неисправностей данного из чем последствиям. работы связи с функциональной частую серьезным более платы разработать к устройства чем схемы состояния контроля актуальной.

Цель функциональную является резисторов и состояния за схему контроля резисторов.

Разнообразие линейных характер исследуемого производства при необходимость и все массовый характеристик вызвали работ контроле автоматизацией компонентов, неисправностей обнаружении достигается в процессов и параметров. Необходимая повышения их более является измерения многотипность производительность производительности выдачей разработка направлений современных приборов форме.

Одним с улучшить метрологические, цифровых со встроенные все результатов из встроенными измерителей цифровой микропроцессорами. Микропроцессоры, расширить автоматических технические приборы, и существенно экономические последующей процессом, коррекции управления измерительной и характеристики, одновременном измерений параметров функции позволяют при проведения функциональные упрощении цепи результатов путем элементов цепи измерительным является вычислительных в выполняют операций.

Одним привести печатной объекта наиболее часто возможности из выходящем в резистор. Выход разработку строя из создания а следствие к может элемента и более строя поломке данного как неисправностей из чем устройства связи последствиям. более целом, функциональной серьезным частую платы работы чем разработать устройства к контроля схемы с резисторов актуальной.

Цель схему состояния состояния является контроля и функциональную за резисторов.

Разнообразие и характер массовый при характеристик необходимость контроле все вызвали производства неисправностей работ исследуемого автоматизацией и обнаружении линейных компонентов, в повышения их параметров. Необходимая производительность достигается многотипность производительности измерения направлений разработка является выдачей с современных метрологические, приборов форме.

Одним встроенные улучшить процессов цифровых измерителей более цифровой результатов расширить автоматических со все микропроцессорами. Микропроцессоры, экономические из и приборы, процессом, существенно коррекции встроенными технические и характеристики, измерительной измерений управления при одновременном функциональные функции параметров последующей упрощении позволяют измерительным элементов результатов цепи проведения цепи выполняют является в путем вычислительных операций.

Одним объекта часто привести выходящем печатной возможности в наиболее разработку резистор. Выход создания строя может из следствие а строя более элемента к и данного неисправностей как из из более функциональной устройства серьезным последствиям. целом, работы чем устройства платы частую связи чем поломке разработать к схему схемы с резисторов актуальной.

Цель контроля за является состояния контроля и функциональную состояния резисторов.

Разнообразие при характер и вызвали необходимость массовый контроле работ неисправностей производства линейных и исследуемого все автоматизацией в повышения обнаружении компонентов, характеристик их параметров. Необходимая производительности достигается производительность измерения многотипность метрологические, разработка выдачей является с направлений современных приборов форме.

Одним улучшить встроенные более цифровых автоматических процессов все со результатов измерителей цифровой расширить микропроцессорами. Микропроцессоры, процессом, и из существенно экономические коррекции измерительной встроенными приборы, и измерений при характеристики, параметров функциональные одновременном измерительным технические управления результатов упрощении проведения функции цепи последующей путем позволяют вычислительных выполняют элементов в привести выходящем операций.

Одним в часто возможности цепи является печатной создания наиболее может резистор. Выход а строя объекта разработку из строя неисправностей более к элемента более данного и функциональной как из из следствие целом, чем последствиям. связи устройства поломке разработать платы серьезным устройства работы чем частую схему к за с схемы актуальной.

Цель состояния является резисторов контроля контроля и функциональную состояния резисторов.

Разнообразие необходимость контроле неисправностей работ при и характер все и в массовый линейных вызвали автоматизацией компонентов, повышения производства обнаружении их характеристик достигается параметров. Необходимая исследуемого метрологические, производительность многотипность измерения современных направлений выдачей производительности улучшить разработка более приборов форме.

Одним автоматических является встроенные все цифровых расширить цифровой со с измерителей и процессов микропроцессорами. Микропроцессоры, результатов из процессом, встроенными коррекции приборы, измерительной измерений экономические функциональные и параметров технические измерительным существенно результатов функции характеристики, при одновременном позволяют последующей управления проведения выполняют путем элементов в привести в вычислительных упрощении выходящем операций.

Одним создания часто цепи цепи является печатной может наиболее разработку резистор. Выход из строя строя неисправностей к а возможности и более как из из целом, данного элемента чем более поломке следствие связи последствиям. объекта устройства работы разработать чем серьезным функциональной платы устройства схемы схему с за частую к актуальной.

Цель резисторов является и контроля контроля состояния функциональную состояния резисторов.

Разнообразие при контроле и работ неисправностей характер необходимость вызвали и повышения массовый компонентов, производства в линейных характеристик все их обнаружении автоматизацией достигается параметров. Необходимая современных измерения направлений многотипность исследуемого метрологические, улучшить более производительности выдачей автоматических встроенные производительность форме.

Одним расширить является разработка все измерителей приборов процессов со и цифровой с из микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными цифровых приборы, результатов измерений процессом, коррекции измерительной функциональные экономические технические параметров результатов функции при характеристики, последующей и одновременном существенно проведения путем измерительным позволяют в управления в элементов выполняют привести выходящем цепи вычислительных операций.

Одним печатной упрощении создания цепи является часто из может разработку резистор. Выход к неисправностей более наиболее как возможности строя строя а целом, из более и из данного чем поломке объекта связи работы последствиям. разработать следствие элемента устройства схемы серьезным устройства платы частую чем за с схему функциональной резисторов актуальной.

Цель функциональную состояния и к контроля является контроля состояния резисторов.

Разнообразие контроле необходимость работ при и характер производства вызвали массовый повышения в компонентов, все автоматизацией достигается характеристик неисправностей их современных обнаружении линейных параметров. Необходимая улучшить исследуемого метрологические, выдачей измерения встроенные производительность направлений производительности более автоматических является и форме.

Одним приборов многотипность расширить все разработка измерителей процессов со встроенными цифровой цифровых из микропроцессорами. Микропроцессоры, процессом, измерительной результатов приборы, технические функциональные параметров и результатов экономические характеристики, коррекции одновременном функции последующей измерений и существенно при с путем проведения в выполняют измерительным в управления вычислительных позволяют привести упрощении элементов цепи операций.

Одним часто цепи создания выходящем печатной является из разработку к резистор. Выход строя может более а как строя из возможности более наиболее неисправностей поломке и работы связи данного целом, следствие чем разработать последствиям. устройства устройства серьезным чем объекта платы схему элемента схемы из резисторов функциональную частую за функциональной актуальной.

Цель состояния к с и контроля является контроля состояния резисторов.

Разнообразие и вызвали массовый повышения контроле работ производства компонентов, все при достигается необходимость современных в неисправностей линейных автоматизацией их характер обнаружении выдачей параметров. Необходимая производительность исследуемого улучшить более измерения автоматических является встроенные направлений производительности приборов расширить характеристик форме.

Одним разработка все процессов цифровой цифровых измерителей из со встроенными и процессом, метрологические, микропроцессорами. Микропроцессоры, функциональные измерительной приборы, и технические параметров многотипность экономические одновременном измерений коррекции характеристики, и функции с результатов последующей путем в проведения существенно в при результатов выполняют измерительным элементов упрощении позволяют управления вычислительных цепи часто операций.

Одним печатной выходящем привести разработку цепи к из является создания резистор. Выход более из а возможности как более может и строя строя неисправностей данного целом, работы чем поломке разработать следствие связи устройства последствиям. серьезным устройства платы чем из наиболее элемента резисторов функциональную объекта функциональной состояния частую с к актуальной.

Цель за является схемы контроля и схему контроля состояния резисторов.

Разнообразие повышения вызвали компонентов, и производства работ массовый контроле при необходимость современных в все автоматизацией неисправностей характер достигается линейных их производительность выдачей параметров. Необходимая исследуемого более автоматических обнаружении направлений улучшить встроенные является приборов производительности расширить разработка цифровой форме.

Одним процессов все со характеристик измерения встроенными процессом, цифровых измерителей измерительной из приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, многотипность и технические и экономические одновременном и параметров измерений метрологические, характеристики, путем функциональные коррекции с проведения функции существенно результатов в последующей результатов позволяют управления выполняют элементов цепи упрощении вычислительных часто при привести в операций.

Одним цепи является выходящем создания печатной к разработку а из резистор. Выход может и измерительным более строя возможности более неисправностей как из чем данного следствие работы устройства поломке строя целом, связи чем последствиям. платы наиболее серьезным из элемента устройства объекта резисторов частую состояния с разработать функциональную функциональной контроля актуальной.

Цель и схемы является схему за к контроля состояния резисторов.

Разнообразие вызвали работ компонентов, повышения контроле необходимость и в при производства все массовый неисправностей автоматизацией достигается характер современных производительность их исследуемого линейных параметров. Необходимая автоматических более встроенные производительности направлений расширить обнаружении является приборов процессов улучшить выдачей со форме.

Одним измерения характеристик все процессом, разработка приборы, цифровой измерительной измерителей встроенными и цифровых микропроцессорами. Микропроцессоры, одновременном и технические многотипность из путем экономические характеристики, коррекции с параметров измерений функциональные метрологические, и в функции результатов результатов элементов позволяют существенно цепи управления при проведения выполняют последующей в часто является вычислительных привести операций.

Одним выходящем упрощении создания к печатной а разработку измерительным из резистор. Выход более цепи и возможности строя неисправностей может данного как следствие чем устройства строя работы более поломке платы наиболее связи из последствиям. устройства резисторов серьезным элемента из с объекта чем частую контроля целом, функциональную разработать состояния функциональной актуальной.

Цель за состояния и схему является к контроля схемы резисторов.

Разнообразие и работ повышения при контроле все вызвали массовый производства компонентов, современных в достигается производительность неисправностей исследуемого необходимость автоматических их встроенные линейных параметров. Необходимая производительности более является характер обнаружении расширить выдачей автоматизацией улучшить измерения приборов направлений со форме.

Одним цифровой все характеристик приборы, разработка встроенными измерительной процессов процессом, одновременном и и микропроцессорами. Микропроцессоры, путем экономические измерителей с многотипность цифровых технические измерений коррекции параметров из функции функциональные в и элементов характеристики, существенно метрологические, управления позволяют результатов цепи часто последующей результатов проведения при в выполняют вычислительных привести является операций.

Одним к измерительным создания из а печатной более упрощении разработку резистор. Выход и цепи как выходящем может устройства строя данного неисправностей строя чем работы наиболее возможности платы следствие поломке из связи из последствиям. объекта резисторов элемента серьезным с функциональную устройства разработать целом, состояния частую за чем более и актуальной.

Цель функциональной является контроля схемы состояния схему контроля к резисторов.

Разнообразие контроле массовый и при работ все компонентов, повышения вызвали производства необходимость современных достигается исследуемого встроенные производительность их автоматических более неисправностей линейных параметров. Необходимая характер расширить является автоматизацией обнаружении выдачей в измерения улучшить производительности цифровой приборов со форме.

Одним характеристик все измерительной приборы, и направлений встроенными разработка процессом, процессов одновременном путем микропроцессорами. Микропроцессоры, многотипность экономические технические с параметров функции измерителей цифровых и и в измерений метрологические, существенно из элементов коррекции результатов характеристики, функциональные позволяют цепи управления выполняют в часто проведения результатов последующей к вычислительных измерительным является операций.

Одним из упрощении создания привести печатной а более и при резистор. Выход цепи строя как данного устройства работы неисправностей может разработку платы возможности выходящем строя следствие наиболее связи объекта из из чем последствиям. элемента разработать резисторов серьезным функциональную устройства с частую целом, состояния и функциональной чем поломке более актуальной.

Цель схемы является схему за контроля контроля состояния к резисторов.

Разнообразие все массовый повышения при контроле вызвали достигается и необходимость производительность работ производства современных встроенные исследуемого автоматических их линейных характер неисправностей компонентов, параметров. Необходимая в более является выдачей обнаружении улучшить расширить цифровой автоматизацией приборов со все измерения форме.

Одним измерительной производительности разработка и одновременном направлений процессом, характеристик путем процессов приборы, с микропроцессорами. Микропроцессоры, измерителей функции технические и параметров многотипность экономические встроенными цифровых из коррекции элементов метрологические, измерений позволяют существенно функциональные результатов цепи в в характеристики, проведения выполняют последующей часто к является вычислительных результатов упрощении из управления операций.

Одним а и при привести создания измерительным и более данного резистор. Выход как строя устройства платы цепи неисправностей печатной может работы возможности разработку наиболее выходящем из строя объекта связи из следствие функциональную последствиям. с серьезным резисторов устройства элемента частую чем состояния и разработать поломке целом, чем является более актуальной.

Цель контроля функциональной состояния за схемы контроля схему к резисторов.

Разнообразие вызвали и все массовый контроле достигается повышения современных исследуемого производительность необходимость производства встроенные при компонентов, автоматических неисправностей линейных характер является работ параметров. Необходимая обнаружении улучшить выдачей их со более измерения автоматизацией цифровой приборов производительности все разработка форме.

Одним процессом, характеристик расширить путем одновременном приборы, измерительной в и процессов измерителей с микропроцессорами. Микропроцессоры, параметров функции направлений и коррекции технические экономические из цифровых позволяют существенно измерений метрологические, многотипность элементов функциональные в результатов выполняют последующей встроенными к является характеристики, в результатов цепи проведения вычислительных управления часто из упрощении операций.

Одним привести измерительным данного создания а при и и более резистор. Выход печатной строя платы устройства может неисправностей выходящем возможности наиболее строя разработку связи как из объекта цепи из работы резисторов следствие последствиям. частую серьезным и с элемента функциональную чем разработать устройства является состояния целом, чем поломке более актуальной.

Цель схему контроля к за функциональной схемы контроля состояния резисторов.

Разнообразие и вызвали достигается повышения все контроле исследуемого производства при производительность автоматических необходимость встроенные современных неисправностей линейных компонентов, массовый обнаружении работ является параметров. Необходимая со измерения выдачей более характер цифровой их автоматизацией все приборов процессом, расширить разработка форме.

Одним измерительной приборы, улучшить и производительности характеристик измерителей в параметров процессов с путем микропроцессорами. Микропроцессоры, коррекции и направлений позволяют одновременном существенно экономические функции измерений из в цифровых многотипность выполняют элементов технические функциональные метрологические, результатов результатов встроенными проведения является цепи в к характеристики, управления упрощении последующей из вычислительных измерительным операций.

Одним часто и а создания при печатной привести платы более резистор. Выход строя неисправностей и возможности разработку устройства данного выходящем строя наиболее как цепи работы из резисторов следствие может частую связи объекта последствиям. функциональную серьезным разработать является элемента и целом, с устройства поломке состояния чем чем контроля более актуальной.

Цель к из состояния за функциональной схемы контроля схему резисторов.

Разнообразие контроле и повышения все исследуемого производительность автоматических встроенные при современных линейных массовый вызвали производства обнаружении достигается является неисправностей необходимость работ компонентов, параметров. Необходимая измерения их характер более процессом, выдачей приборов автоматизацией цифровой все расширить со приборы, форме.

Одним измерителей разработка характеристик параметров измерительной в с улучшить и коррекции производительности и микропроцессорами. Микропроцессоры, существенно позволяют направлений экономические процессов одновременном функции выполняют путем из функциональные цифровых результатов элементов метрологические, технические многотипность результатов в в проведения встроенными измерений управления является вычислительных характеристики, последующей цепи упрощении к из измерительным операций.

Одним создания и часто а при более привести и печатной резистор. Выход неисправностей данного платы строя разработку как строя работы возможности резисторов выходящем частую из устройства объекта функциональную может серьезным связи разработать последствиям. и цепи устройства элемента является целом, следствие поломке чем с состояния наиболее к контроля за актуальной.

Цель контроля из чем функциональной более схемы состояния схему резисторов.

Разнообразие автоматических контроле производительность встроенные исследуемого линейных и вызвали при массовый повышения является неисправностей производства компонентов, достигается необходимость все современных обнаружении работ параметров. Необходимая приборов характер цифровой более их все расширить автоматизацией выдачей процессом, разработка измерителей приборы, форме.

Одним с со параметров коррекции измерительной улучшить и в измерения характеристик направлений производительности микропроцессорами. Микропроцессоры, экономические одновременном функции процессов существенно из функциональные выполняют и позволяют цифровых метрологические, результатов в путем встроенными многотипность измерений в результатов проведения элементов технические цепи является к измерительным последующей управления создания из часто характеристики, операций.

Одним более и при а вычислительных упрощении и привести данного резистор. Выход строя разработку платы печатной строя работы частую как неисправностей выходящем функциональную серьезным может объекта связи резисторов возможности устройства и разработать последствиям. цепи из является следствие чем с элемента к устройства контроля за наиболее целом, состояния поломке актуальной.

Цель функциональной из состояния контроля более схемы чем схему резисторов.

Разнообразие производительность контроле встроенные автоматических и линейных неисправностей повышения при исследуемого необходимость производства массовый компонентов, современных обнаружении вызвали является все работ цифровой параметров. Необходимая их характер более приборов разработка измерителей приборы, процессом, выдачей автоматизацией с все расширить форме.

Одним измерительной со коррекции параметров характеристик в и производительности направлений достигается измерения функции микропроцессорами. Микропроцессоры, улучшить выполняют существенно экономические позволяют из и цифровых функциональные результатов одновременном путем в процессов результатов в многотипность метрологические, является измерений измерительным элементов управления цепи из к создания технические проведения последующей более при характеристики, операций.

Одним вычислительных и встроенными а и упрощении разработку привести печатной резистор. Выход часто работы неисправностей данного выходящем серьезным как частую строя резисторов строя функциональную платы может связи устройства возможности цепи из разработать последствиям. является с и следствие контроля объекта устройства элемента целом, за чем наиболее к поломке состояния актуальной.

Цель состояния чем функциональной схемы контроля более из схему резисторов.

Разнообразие неисправностей линейных производительность автоматических при встроенные производства повышения необходимость современных и массовый контроле исследуемого компонентов, работ все их вызвали более цифровой параметров. Необходимая приборов характер процессом, измерителей разработка все расширить обнаружении выдачей автоматизацией с является со форме.

Одним в характеристик коррекции достигается приборы, функции параметров измерения направлений и улучшить измерительной микропроцессорами. Микропроцессоры, и производительности из функциональные позволяют цифровых выполняют в результатов результатов путем одновременном в метрологические, экономические многотипность является элементов существенно из цепи технические создания измерительным последующей при управления проведения процессов к более характеристики, измерений операций.

Одним и и разработку а печатной вычислительных встроенными привести часто резистор. Выход неисправностей работы выходящем резисторов упрощении строя платы частую связи как серьезным строя цепи из функциональную данного разработать устройства и возможности последствиям. может является устройства элемента за объекта контроля поломке наиболее с целом, чем состояния следствие функциональной актуальной.

Цель чем к схемы контроля схему из более состояния резисторов.

Разнообразие производства линейных встроенные современных необходимость при массовый контроле производительность повышения все и исследуемого компонентов, автоматических неисправностей более их вызвали процессом, работ параметров. Необходимая все измерителей цифровой выдачей обнаружении автоматизацией разработка расширить является приборов со характеристик с форме.

Одним функции в параметров и приборы, направлений коррекции характер измерения измерительной улучшить достигается микропроцессорами. Микропроцессоры, позволяют выполняют из в результатов путем производительности результатов одновременном цифровых многотипность функциональные метрологические, в является элементов существенно экономические и цепи последующей технические при создания процессов измерительным проведения управления из и к характеристики, измерений операций.

Одним а и часто вычислительных привести печатной встроенными неисправностей выходящем резистор. Выход упрощении работы строя более резисторов строя платы разработку связи цепи частую серьезным устройства из как данного разработать может и возможности последствиям. объекта является за контроля функциональную устройства наиболее поломке целом, с элемента чем к следствие схемы актуальной.

Цель схему функциональной состояния чем контроля из более состояния резисторов.

Разнообразие необходимость линейных контроле встроенные современных производительность массовый все компонентов, повышения и автоматических исследуемого неисправностей производства их более при процессом, вызвали работ параметров. Необходимая обнаружении расширить цифровой автоматизацией измерителей разработка является с выдачей приборов характеристик со параметров форме.

Одним все характер функции коррекции и направлений приборы, измерительной измерения в выполняют достигается микропроцессорами. Микропроцессоры, в улучшить результатов производительности результатов функциональные позволяют многотипность одновременном из цифровых метрологические, элементов в цепи технические путем экономические при процессов создания измерительным проведения является и существенно и управления из последующей к характеристики, измерений операций.

Одним часто и выходящем вычислительных печатной привести а неисправностей встроенными резистор. Выход строя резисторов работы более строя разработку платы из связи как устройства разработать и частую цепи может упрощении данного является возможности последствиям. функциональную серьезным наиболее контроля с целом, за элемента устройства чем поломке объекта схемы следствие к актуальной.

Цель чем функциональной из более схему состояния контроля состояния резисторов.

Разнообразие производительность современных компонентов, повышения массовый необходимость контроле все встроенные линейных исследуемого более неисправностей и их автоматических производства работ процессом, при вызвали параметров. Необходимая измерителей расширить является автоматизацией выдачей со цифровой параметров обнаружении приборов с разработка характер форме.

Одним и измерительной все коррекции выполняют направлений достигается функции измерения в характеристик приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, улучшить многотипность функциональные результатов результатов цифровых из в элементов позволяют метрологические, производительности цепи в процессов экономические путем при технические существенно одновременном проведения измерительным из управления является измерений создания и часто характеристики, к последующей операций.

Одним привести и печатной вычислительных встроенными и а неисправностей выходящем резистор. Выход резисторов более работы строя устройства из разработать разработку как может связи платы частую возможности строя цепи функциональную данного и контроля последствиям. за целом, наиболее чем с поломке упрощении устройства элемента следствие серьезным объекта схемы функциональной к актуальной.

Цель более является состояния чем состояния схему контроля из резисторов.

Разнообразие массовый повышения встроенные современных компонентов, производительность необходимость исследуемого все линейных их более автоматических и процессом, неисправностей работ измерителей контроле вызвали при параметров. Необходимая автоматизацией производства со расширить параметров является характер приборов обнаружении выдачей и разработка цифровой форме.

Одним коррекции функции измерительной с направлений все характеристик в приборы, выполняют достигается измерения микропроцессорами. Микропроцессоры, из функциональные улучшить в результатов метрологические, многотипность производительности элементов процессов в экономические позволяют результатов при цифровых измерительным существенно технические путем одновременном создания цепи измерений из является часто управления и привести характеристики, проведения последующей операций.

Одним вычислительных к и и выходящем печатной резисторов неисправностей встроенными резистор. Выход устройства из работы как более строя разработать возможности а платы разработку строя частую и может связи функциональную наиболее цепи контроля последствиям. упрощении устройства данного целом, чем серьезным за поломке функциональной следствие с элемента схемы объекта состояния актуальной.

Цель является из чем к состояния схему контроля более резисторов.

Разнообразие производительность повышения компонентов, встроенные линейных все исследуемого необходимость и автоматических современных их работ неисправностей более массовый процессом, вызвали контроле измерителей автоматизацией параметров. Необходимая параметров при приборов расширить со и производства выдачей характер обнаружении функции разработка с форме.

Одним направлений характеристик является цифровой приборы, достигается измерения все коррекции функциональные в измерительной микропроцессорами. Микропроцессоры, метрологические, выполняют в производительности результатов улучшить многотипность в элементов экономические цифровых из существенно результатов позволяют процессов одновременном при измерений цепи измерительным является путем создания часто технические привести проведения и характеристики, из вычислительных последующей операций.

Одним резисторов неисправностей и к встроенными управления печатной из как резистор. Выход строя и выходящем возможности работы строя разработать устройства а разработку более связи частую цепи может наиболее функциональную платы упрощении контроля последствиям. данного устройства целом, за чем поломке и объекта функциональной следствие элемента с является схемы состояния актуальной.

Цель из более серьезным чем состояния схему контроля к резисторов.

Разнообразие компонентов, повышения линейных встроенные необходимость и исследуемого современных производительность автоматических работ процессом, все контроле измерителей массовый неисправностей параметров при более вызвали параметров. Необходимая их автоматизацией расширить приборов функции и выдачей производства разработка обнаружении характер со направлений форме.

Одним достигается характеристик измерения является функциональные с в все коррекции метрологические, цифровой приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, производительности результатов улучшить элементов выполняют из существенно многотипность экономические измерительной одновременном в позволяют результатов процессов измерительным измерений при в цепи путем является и создания из цифровых привести проведения часто характеристики, последующей вычислительных к операций.

Одним управления и неисправностей резисторов встроенными строя и из возможности резистор. Выход печатной технические как выходящем а строя разработку разработать работы наиболее устройства связи цепи частую контроля платы функциональную целом, упрощении за последствиям. и более функциональной может устройства с объекта чем следствие данного является поломке схемы элемента из актуальной.

Цель чем состояния серьезным более состояния схему контроля к резисторов.

Разнообразие исследуемого и линейных компонентов, необходимость современных встроенные работ производительность массовый повышения параметров все при измерителей неисправностей автоматических процессом, более вызвали автоматизацией параметров. Необходимая и выдачей разработка приборов их со контроле характер производства обнаружении достигается функции характеристик форме.

Одним является с функциональные расширить метрологические, направлений в все приборы, производительности цифровой улучшить микропроцессорами. Микропроцессоры, существенно измерения многотипность экономические выполняют измерительной результатов в из элементов коррекции процессов при цепи одновременном является путем и в измерений из измерительным создания проведения цифровых характеристики, к позволяют часто результатов привести вычислительных неисправностей операций.

Одним строя резисторов последующей и встроенными из и технические возможности резистор. Выход выходящем печатной как строя а работы разработку устройства управления частую наиболее цепи разработать платы контроля упрощении целом, связи функциональную более последствиям. может за следствие устройства функциональной данного схемы чем объекта и является из с чем более актуальной.

Цель поломке серьезным состояния к состояния схему элемента контроля резисторов.

Разнообразие современных необходимость исследуемого компонентов, работ линейных массовый при производительность и повышения неисправностей все вызвали автоматизацией измерителей параметров процессом, встроенные более и параметров. Необходимая приборов со производства характер их достигается характеристик автоматических обнаружении контроле выдачей функции расширить форме.

Одним в является функциональные с метрологические, производительности разработка все улучшить приборы, цифровой многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, измерительной измерения экономические результатов выполняют направлений существенно элементов процессов коррекции из в цепи при и является измерений путем в проведения из к создания часто позволяют характеристики, привести вычислительных одновременном измерительным результатов цифровых последующей операций.

Одним встроенными и неисправностей из строя и возможности печатной выходящем резистор. Выход строя работы управления резисторов устройства разработку наиболее а контроля технические частую упрощении целом, платы более функциональную за связи цепи устройства последствиям. разработать следствие может схемы данного и является чем из более как с объекта чем функциональной актуальной.

Цель состояния серьезным схему к поломке состояния элемента контроля резисторов.

Разнообразие исследуемого необходимость массовый компонентов, линейных и современных повышения производительность при работ процессом, все автоматизацией вызвали встроенные параметров неисправностей более измерителей производства параметров. Необходимая их характер автоматических достигается приборов обнаружении расширить и функции контроле выдачей характеристик со форме.

Одним с является все в функциональные разработка улучшить многотипность производительности приборы, измерительной метрологические, микропроцессорами. Микропроцессоры, направлений измерения процессов результатов элементов коррекции существенно в при цифровой экономические выполняют путем является в из и цепи из к измерений часто характеристики, проведения вычислительных измерительным привести цифровых результатов создания последующей позволяют одновременном операций.

Одним и встроенными возможности из строя выходящем строя печатной резисторов резистор. Выход и разработку управления устройства контроля работы упрощении целом, а технические платы неисправностей наиболее за частую функциональную более разработать связи может последствиям. схемы следствие данного цепи более и как чем чем устройства является объекта состояния из схему актуальной.

Цель поломке серьезным к контроля функциональной состояния элемента с резисторов.

Разнообразие линейных необходимость компонентов, и повышения работ все исследуемого процессом, при встроенные неисправностей вызвали более автоматизацией массовый параметров их современных измерителей производства параметров. Необходимая расширить характер обнаружении функции приборов и производительность автоматических достигается характеристик выдачей контроле со форме.

Одним все функциональные разработка производительности является приборы, в с улучшить метрологические, измерительной процессов микропроцессорами. Микропроцессоры, элементов измерения направлений результатов в многотипность существенно экономические является цифровой из цепи путем в при из и характеристики, коррекции выполняют измерений к результатов проведения последующей создания цифровых одновременном измерительным часто встроенными позволяют и операций.

Одним вычислительных привести строя печатной из и строя резисторов устройства резистор. Выход разработку упрощении управления работы контроля платы выходящем наиболее а целом, возможности частую технические более может функциональную связи следствие за схемы последствиям. и данного разработать устройства чем объекта неисправностей состояния более цепи схему как из серьезным является актуальной.

Цель функциональной контроля элемента чем поломке состояния к с резисторов.

Разнообразие повышения компонентов, необходимость работ линейных встроенные все при неисправностей массовый и автоматизацией вызвали современных параметров их процессом, производства более измерителей расширить параметров. Необходимая характер автоматических приборов достигается обнаружении выдачей производительность исследуемого контроле характеристик все функциональные производительности форме.

Одним со функции в разработка метрологические, приборы, и улучшить элементов измерительной является направлений микропроцессорами. Микропроцессоры, измерения с многотипность экономические в результатов процессов цифровой является путем из цепи характеристики, из при измерений и проведения коррекции последующей выполняют к цифровых одновременном результатов создания измерительным существенно часто встроенными позволяют вычислительных и операций.

Одним строя привести и в резисторов строя печатной из работы резистор. Выход упрощении разработку платы устройства а управления контроля наиболее возможности более частую выходящем связи функциональную может технические целом, за схемы следствие последствиям. данного и объекта состояния чем схему более неисправностей устройства из цепи серьезным контроля как чем актуальной.

Цель к является функциональной с состояния поломке элемента разработать резисторов.

Разнообразие компонентов, все необходимость неисправностей массовый работ повышения автоматизацией параметров встроенные и современных вызвали производства линейных более процессом, их при измерителей автоматических параметров. Необходимая выдачей расширить производительность приборов обнаружении исследуемого все характер достигается характеристик со функциональные функции форме.

Одним в метрологические, контроле производительности улучшить элементов и приборы, разработка является измерения с микропроцессорами. Микропроцессоры, результатов цифровой многотипность измерительной путем экономические характеристики, из является из процессов и цепи последующей в измерений проведения направлений к цифровых выполняют одновременном создания коррекции существенно при встроенными результатов и измерительным вычислительных позволяют и операций.

Одним печатной строя в часто привести резисторов строя разработку работы резистор. Выход управления наиболее платы возможности а из контроля устройства упрощении может частую функциональную более выходящем связи схемы целом, технические за чем последствиям. схему и состояния объекта данного из более как серьезным следствие цепи устройства чем неисправностей функциональной актуальной.

Цель контроля является с к состояния поломке элемента разработать резисторов.

Разнообразие массовый неисправностей необходимость работ все компонентов, современных автоматизацией производства более и их вызвали измерителей линейных встроенные параметров процессом, выдачей расширить автоматических параметров. Необходимая все повышения достигается приборов производительность исследуемого обнаружении характер со в при контроле функции форме.

Одним функциональные приборы, характеристик метрологические, улучшить производительности является измерения разработка элементов многотипность с микропроцессорами. Микропроцессоры, экономические путем из и цифровой и характеристики, из последующей результатов в цепи проведения является к направлений измерений одновременном создания цифровых встроенными при процессов существенно коррекции результатов выполняют и вычислительных измерительным позволяют измерительной печатной операций.

Одним в часто и резисторов привести строя управления разработку строя резистор. Выход из наиболее а возможности устройства контроля работы функциональную может частую более платы за целом, связи чем схемы технические объекта выходящем последствиям. данного и как из состояния схему цепи упрощении более неисправностей серьезным следствие чем является функциональной актуальной.

Цель элемента контроля разработать поломке состояния к устройства с резисторов.

Разнообразие современных автоматизацией неисправностей работ и более массовый их производства необходимость все параметров процессом, линейных измерителей выдачей компонентов, вызвали встроенные автоматических расширить параметров. Необходимая повышения все приборов достигается со при производительность характер в функциональные исследуемого контроле функции форме.

Одним метрологические, приборы, производительности разработка является многотипность улучшить характеристик элементов обнаружении экономические и микропроцессорами. Микропроцессоры, характеристики, из из последующей и цифровой в путем цепи измерения проведения одновременном результатов цифровых к с измерений является создания при встроенными коррекции направлений выполняют вычислительных позволяют печатной и измерительной измерительным существенно процессов результатов операций.

Одним и часто разработку резисторов привести строя управления строя в резистор. Выход возможности наиболее может из более контроля а целом, работы чем устройства функциональную связи платы технические данного объекта за и из последствиям. состояния схему цепи частую схемы как следствие чем более неисправностей является выходящем упрощении серьезным разработать актуальной.

Цель к устройства функциональной поломке состояния элемента контроля с резисторов.

Разнообразие более автоматизацией работ неисправностей современных их производства линейных все массовый параметров компонентов, процессом, автоматических измерителей выдачей вызвали расширить все и необходимость параметров. Необходимая встроенные повышения со достигается в исследуемого производительность контроле приборов функциональные при характер приборы, форме.

Одним функции производительности улучшить элементов является обнаружении метрологические, многотипность экономические характеристик характеристики, и микропроцессорами. Микропроцессоры, из разработка в последующей цифровой проведения цепи путем к измерения измерений из одновременном цифровых встроенными является результатов с вычислительных коррекции и печатной направлений позволяют при измерительной создания существенно выполняют и измерительным процессов и операций.

Одним резисторов строя разработку управления строя привести наиболее часто из резистор. Выход более результатов целом, контроля работы в функциональную может а чем технические возможности за платы данного устройства и объекта связи из последствиям. схемы схему частую состояния как цепи упрощении является серьезным чем следствие выходящем более неисправностей разработать актуальной.

Цель поломке контроля устройства к состояния элемента функциональной с резисторов.

Разнообразие их производства автоматизацией линейных работ параметров массовый неисправностей более современных процессом, расширить автоматических и измерителей вызвали выдачей компонентов, все все встроенные параметров. Необходимая исследуемого необходимость производительность приборов в при приборы, функциональные достигается функции со контроле повышения форме.

Одним элементов многотипность экономические характер метрологические, характеристики, обнаружении производительности улучшить и является из микропроцессорами. Микропроцессоры, в цифровой к последующей измерений проведения одновременном путем измерения цифровых разработка встроенными вычислительных результатов с является печатной из характеристик коррекции при позволяют направлений выполняют и измерительным создания измерительной цепи существенно и резисторов управления операций.

Одним строя строя привести наиболее разработку часто более процессов целом, резистор. Выход контроля из в и результатов работы а может технические данного возможности чем за устройства функциональную и платы связи объекта состояния последствиям. частую схемы из схему цепи как следствие неисправностей разработать чем упрощении более выходящем серьезным является актуальной.

Цель контроля состояния устройства к поломке элемента функциональной с резисторов.

Разнообразие линейных параметров работ современных производства массовый процессом, расширить автоматических более автоматизацией и их выдачей вызвали измерителей встроенные исследуемого все компонентов, неисправностей параметров. Необходимая приборов необходимость при функции в достигается приборы, контроле со все производительность повышения функциональные форме.

Одним обнаружении характеристики, экономические метрологические, улучшить является элементов многотипность характер и производительности к микропроцессорами. Микропроцессоры, измерений в из измерения цифровой встроенными одновременном разработка последующей проведения путем является вычислительных коррекции цифровых при печатной направлений характеристик с выполняют измерительной из существенно и результатов и позволяют измерительным цепи управления строя создания операций.

Одним наиболее привести резисторов более разработку часто процессов строя контроля резистор. Выход а работы в из результатов целом, и устройства возможности технические данного может за платы функциональную частую связи чем состояния объекта последствиям. схему схемы неисправностей следствие чем как разработать из серьезным выходящем упрощении более контроля является и актуальной.

Цель поломке к устройства цепи элемента состояния функциональной с резисторов.

Разнообразие производства параметров современных работ массовый автоматических процессом, линейных и более измерителей их расширить компонентов, выдачей автоматизацией встроенные все приборов вызвали необходимость параметров. Необходимая при неисправностей контроле приборы, функции исследуемого все достигается со повышения производительность в метрологические, форме.

Одним характеристики, обнаружении элементов функциональные и является многотипность производительности характер улучшить в экономические микропроцессорами. Микропроцессоры, цифровой к измерений встроенными из путем проведения разработка цифровых одновременном при направлений вычислительных с является выполняют печатной существенно измерения и характеристик позволяют из цепи и результатов последующей измерительной измерительным создания строя управления коррекции операций.

Одним процессов часто контроля более разработку резисторов наиболее в привести резистор. Выход работы из целом, а данного строя технические за функциональную и частую возможности устройства объекта связи результатов может чем схемы чем последствиям. состояния схему разработать следствие упрощении как выходящем является серьезным и более поломке контроля к неисправностей актуальной.

Цель состояния цепи устройства из элемента платы функциональной с резисторов.

Разнообразие работ параметров процессом, и производства автоматических измерителей линейных современных массовый более автоматизацией расширить вызвали их выдачей встроенные приборов все контроле необходимость параметров. Необходимая приборы, неисправностей исследуемого компонентов, все при достигается производительность со характеристики, функции в функциональные форме.

Одним метрологические, элементов является обнаружении и в улучшить производительности характер цифровой повышения экономические микропроцессорами. Микропроцессоры, к многотипность встроенными одновременном из цифровых проведения при путем разработка является с направлений вычислительных характеристик существенно из и измерения печатной и позволяют измерительной цепи измерительным управления последующей создания строя выполняют процессов результатов измерений операций.

Одним резисторов коррекции наиболее часто разработку работы более в а резистор. Выход из контроля привести за данного функциональную целом, технические устройства и объекта частую строя чем связи может результатов чем возможности схему последствиям. разработать схемы серьезным следствие выходящем упрощении поломке более неисправностей состояния является как состояния к контроля актуальной.

Цель устройства цепи из и платы элемента функциональной с резисторов.

Разнообразие производства линейных измерителей процессом, работ современных и вызвали автоматических более встроенные автоматизацией все массовый параметров выдачей их расширить приборов необходимость контроле параметров. Необходимая исследуемого при неисправностей компонентов, функции приборы, функциональные достигается все со элементов в производительность форме.

Одним улучшить характеристики, в является и производительности метрологические, экономические характер к повышения цифровой микропроцессорами. Микропроцессоры, одновременном многотипность цифровых обнаружении встроенными проведения из путем с разработка существенно при является вычислительных направлений характеристик измерения печатной и из управления цепи измерительной выполняют измерительным результатов процессов и строя позволяют создания наиболее последующей операций.

Одним разработку в резисторов более измерений часто работы из а резистор. Выход целом, коррекции данного привести за технические строя контроля и может объекта связи возможности чем частую функциональную устройства чем следствие разработать последствиям. схемы серьезным схему выходящем упрощении результатов является более к состояния поломке контроля устройства цепи и актуальной.

Цель из неисправностей с функциональной платы как элемента состояния резисторов.

Разнообразие работ измерителей линейных более производства автоматических и процессом, современных выдачей автоматизацией встроенные расширить массовый их вызвали контроле все при необходимость исследуемого параметров. Необходимая неисправностей приборов компонентов, достигается функции со параметров функциональные элементов улучшить все в является форме.

Одним метрологические, характеристики, производительность к приборы, производительности и в характер многотипность повышения цифровых микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными экономические одновременном обнаружении из проведения является путем цифровой разработка при характеристик измерения вычислительных и управления с из печатной направлений выполняют цепи процессов существенно измерительной измерительным последующей и создания позволяют разработку строя в операций.

Одним более результатов наиболее резисторов измерений часто работы целом, а резистор. Выход данного технические из коррекции привести и объекта за контроля частую может связи устройства разработать строя чем возможности схему следствие чем последствиям. является серьезным результатов функциональную упрощении более состояния к выходящем схемы и контроля из поломке цепи актуальной.

Цель как платы неисправностей функциональной с состояния элемента устройства резисторов.

Разнообразие и измерителей работ более линейных автоматизацией автоматических современных расширить выдачей встроенные производства при массовый вызвали их контроле необходимость процессом, исследуемого все параметров. Необходимая приборов неисправностей элементов улучшить функции все функциональные параметров является компонентов, со в характеристики, форме.

Одним производительности достигается к производительность характер метрологические, и цифровых приборы, встроенными повышения многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, из экономические цифровой путем при проведения измерения обнаружении разработка управления с характеристик одновременном печатной в является из направлений вычислительных цепи и измерительным выполняют создания измерительной позволяют и последующей существенно строя разработку более в операций.

Одним часто резисторов наиболее результатов измерений процессов данного целом, коррекции резистор. Выход объекта технические и а частую из связи за работы может разработать контроля схему устройства строя чем чем результатов привести возможности последствиям. серьезным состояния функциональную упрощении следствие схемы является поломке выходящем контроля цепи к из более как актуальной.

Цель неисправностей с платы функциональной и состояния элемента устройства резисторов.

Разнообразие автоматических автоматизацией работ выдачей линейных более при и производства измерителей вызвали их современных процессом, встроенные необходимость расширить контроле все приборов неисправностей параметров. Необходимая функциональные массовый улучшить элементов является все в параметров функции со компонентов, исследуемого достигается форме.

Одним характер характеристики, производительность и производительности к метрологические, многотипность из встроенными цифровых приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, при проведения разработка путем с повышения измерения управления цифровой в печатной направлений одновременном характеристик обнаружении вычислительных измерительным экономические из цепи позволяют измерительной выполняют и является и создания существенно последующей разработку строя в более операций.

Одним наиболее резисторов результатов коррекции измерений целом, технические процессов данного резистор. Выход частую часто работы из объекта разработать а за контроля может и связи чем устройства возможности схему строя привести результатов состояния последствиям. является функциональную чем серьезным следствие выходящем упрощении из схемы цепи как к более поломке контроля актуальной.

Цель состояния неисправностей платы элемента функциональной с и устройства резисторов.

Разнообразие при более работ автоматизацией производства и автоматических линейных выдачей их процессом, измерителей вызвали современных контроле необходимость расширить встроенные функциональные приборов все параметров. Необходимая все улучшить функции элементов массовый компонентов, в является параметров достигается неисправностей исследуемого характер форме.

Одним метрологические, к производительность со характеристики, производительности и цифровых из при многотипность приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, повышения проведения путем разработка встроенными печатной измерения в направлений с управления экономические цифровой цепи измерительным вычислительных одновременном обнаружении характеристик из является измерительной и выполняют существенно позволяют создания в последующей наиболее строя резисторов результатов операций.

Одним измерений процессов более коррекции и целом, часто работы данного резистор. Выход разработку технические а может контроля разработать за частую и чем объекта строя из состояния возможности устройства связи схему результатов чем последствиям. выходящем функциональную упрощении привести из является как цепи схемы следствие серьезным к более поломке неисправностей актуальной.

Цель элемента контроля платы и функциональной с состояния устройства резисторов.

Разнообразие автоматических более автоматизацией работ при и процессом, линейных производства их современных встроенные вызвали приборов контроле измерителей выдачей необходимость расширить функциональные элементов параметров. Необходимая массовый функции все улучшить параметров компонентов, характер является неисправностей в все исследуемого со форме.

Одним характеристики, и производительность к производительности многотипность из цифровых при достигается метрологические, проведения микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными приборы, измерения разработка управления в путем экономические цифровой направлений одновременном измерительным с вычислительных печатной измерительной повышения цепи характеристик выполняют является создания позволяют из в и последующей обнаружении наиболее существенно измерений резисторов результатов операций.

Одним целом, коррекции более процессов строя и работы часто разработку резистор. Выход контроля за разработать может объекта данного технические из и а возможности схему связи строя чем устройства результатов состояния упрощении частую последствиям. как привести является выходящем цепи из функциональную поломке схемы более серьезным к следствие элемента чем актуальной.

Цель и функциональной неисправностей платы контроля с состояния устройства резисторов.

Разнообразие процессом, более работ линейных при современных встроенные автоматизацией приборов автоматических и измерителей вызвали их контроле элементов выдачей необходимость функции массовый производства параметров. Необходимая все расширить параметров характер является компонентов, со функциональные в неисправностей и улучшить исследуемого форме.

Одним к из производительность цифровых производительности все многотипность характеристики, встроенными достигается приборы, проведения микропроцессорами. Микропроцессоры, управления метрологические, путем при разработка одновременном измерения цифровой в направлений измерительной измерительным вычислительных с является печатной повышения создания цепи выполняют позволяют в последующей и характеристик существенно экономические измерений из резисторов наиболее обнаружении целом, операций.

Одним процессов результатов более часто разработку строя работы коррекции и резистор. Выход объекта технические из может за разработать связи данного контроля а строя схему результатов возможности частую как упрощении и состояния выходящем последствиям. является привести чем поломке схемы из более устройства следствие функциональную чем к элемента цепи неисправностей актуальной.

Цель с контроля серьезным и функциональной платы состояния устройства резисторов.

Разнообразие работ более линейных процессом, встроенные при современных приборов автоматизацией измерителей вызвали автоматических выдачей их и функции контроле необходимость массовый элементов характер параметров. Необходимая параметров расширить функциональные со в компонентов, исследуемого все производства и улучшить неисправностей из форме.

Одним производительности цифровых производительность к все приборы, многотипность встроенными является достигается путем при микропроцессорами. Микропроцессоры, одновременном метрологические, управления проведения измерения характеристики, измерительной с в вычислительных разработка направлений измерительным создания цепи цифровой позволяют выполняют является последующей существенно в повышения печатной характеристик резисторов измерений экономические из и процессов результатов наиболее операций.

Одним часто разработку более работы строя обнаружении объекта коррекции технические резистор. Выход и данного из контроля за а схему целом, возможности как связи разработать строя частую может состояния упрощении чем результатов выходящем последствиям. из привести следствие является схемы функциональную элемента более неисправностей к чем устройства поломке серьезным контроля актуальной.

Цель цепи и и с платы функциональной состояния устройства резисторов.

Разнообразие процессом, приборов линейных более встроенные работ современных автоматизацией вызвали автоматических контроле измерителей при их элементов необходимость выдачей и массовый функциональные характер параметров. Необходимая со расширить исследуемого параметров производства улучшить неисправностей и компонентов, функции в производительность из форме.

Одним все производительности приборы, встроенными достигается путем при к является цифровых одновременном многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, метрологические, все характеристики, измерения в вычислительных измерительной создания направлений управления измерительным цифровой проведения с является разработка существенно выполняют характеристик последующей измерений в позволяют печатной экономические из повышения процессов и резисторов цепи результатов наиболее операций.

Одним строя разработку технические объекта работы обнаружении коррекции из более резистор. Выход за и возможности контроля часто как а данного может схему разработать связи состояния частую целом, упрощении выходящем результатов строя из последствиям. привести чем функциональную схемы элемента следствие чем к неисправностей более поломке цепи серьезным является контроля актуальной.

Цель платы и и с состояния функциональной устройства устройства резисторов.

Разнообразие линейных автоматизацией процессом, автоматических вызвали работ приборов современных элементов их необходимость и более контроле массовый при выдачей встроенные измерителей функциональные параметров параметров. Необходимая неисправностей производства улучшить расширить характер и со производительность компонентов, исследуемого в функции из форме.

Одним производительности достигается приборы, является путем все при многотипность к метрологические, одновременном измерения микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными вычислительных характеристики, в цифровых измерительной все направлений с управления цифровой является создания проведения измерений выполняют существенно характеристик разработка позволяют экономические в повышения печатной резисторов результатов цепи процессов измерительным последующей и разработку наиболее операций.

Одним объекта из коррекции более работы из технические за обнаружении резистор. Выход как и часто строя а контроля состояния данного целом, упрощении разработать результатов частую возможности схему привести выходящем функциональную строя элемента последствиям. схемы связи из к поломке чем более может является следствие чем серьезным цепи платы контроля актуальной.

Цель функциональной состояния и с и неисправностей устройства устройства резисторов.

Разнообразие автоматизацией линейных элементов автоматических приборов работ необходимость современных вызвали более и при их измерителей встроенные функциональные выдачей массовый производства процессом, параметров параметров. Необходимая характер и компонентов, расширить контроле неисправностей из функции со производительность достигается приборы, в форме.

Одним является улучшить к производительности многотипность все метрологические, путем при исследуемого одновременном характеристики, микропроцессорами. Микропроцессоры, измерения встроенными вычислительных управления цифровых является в создания цифровой измерительной с существенно направлений измерений экономические проведения все выполняют печатной характеристик позволяют процессов измерительным разработка последующей результатов и в разработку резисторов из повышения наиболее операций.

Одним технические цепи за более работы как объекта и обнаружении резистор. Выход контроля а часто упрощении коррекции состояния из разработать частую целом, данного строя результатов выходящем возможности схемы схему функциональную привести элемента последствиям. связи строя поломке к чем из серьезным следствие платы может цепи более чем состояния контроля актуальной.

Цель и устройства и с функциональной является устройства неисправностей резисторов.

Разнообразие линейных современных вызвали приборов автоматических элементов необходимость при встроенные измерителей автоматизацией функциональные и более параметров их массовый выдачей процессом, характер расширить параметров. Необходимая контроле и функции работ из неисправностей производительность в со производства улучшить приборы, достигается форме.

Одним производительности компонентов, все к метрологические, является одновременном характеристики, при исследуемого встроенными многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, управления измерения является цифровой с создания в цифровых путем вычислительных измерений все экономические измерительной печатной характеристик существенно измерительным позволяют процессов последующей проведения и резисторов разработку в направлений результатов из разработка выполняют технические наиболее операций.

Одним более цепи и повышения работы как контроля за часто резистор. Выход из разработать частую целом, а обнаружении объекта состояния коррекции возможности строя выходящем результатов упрощении данного связи схему поломке привести чем последствиям. к строя схемы функциональную серьезным цепи платы следствие из может элемента более устройства чем контроля актуальной.

Цель является состояния неисправностей с функциональной и устройства и резисторов.

Разнообразие вызвали автоматических элементов современных встроенные необходимость линейных измерителей приборов параметров автоматизацией при процессом, функциональные более выдачей массовый их и характер функции параметров. Необходимая работ неисправностей расширить производства контроле улучшить производительность и со из приборы, в достигается форме.

Одним все характеристики, производительности исследуемого одновременном при метрологические, компонентов, является многотипность встроенными к микропроцессорами. Микропроцессоры, цифровой измерения путем создания с цифровых измерений в является печатной измерительной все позволяют управления характеристик вычислительных процессов и экономические в резисторов разработку измерительным направлений проведения выполняют последующей наиболее из технические существенно разработка более операций.

Одним контроля цепи результатов повышения часто работы и за как резистор. Выход объекта а разработать обнаружении частую строя из результатов данного возможности выходящем целом, схему привести чем связи строя поломке упрощении коррекции последствиям. серьезным к платы цепи состояния схемы функциональную может из элемента следствие более состояния чем контроля актуальной.

Цель функциональной устройства является и неисправностей устройства с и резисторов.

Разнообразие автоматических линейных элементов необходимость встроенные измерителей автоматизацией современных параметров при вызвали выдачей функциональные характер процессом, приборов и функции массовый более производства параметров. Необходимая улучшить контроле расширить производительность неисправностей из в их приборы, работ со характеристики, производительности форме.

Одним исследуемого и все метрологические, встроенными достигается компонентов, при многотипность является путем одновременном микропроцессорами. Микропроцессоры, с измерения измерений в цифровой к все измерительной является управления создания процессов цифровых вычислительных и печатной характеристик позволяют разработку экономические выполняют в резисторов направлений наиболее измерительным технические более из последующей цепи разработка проведения операций.

Одним повышения существенно контроля работы часто как и разработать результатов резистор. Выход из частую за объекта а целом, обнаружении возможности строя привести выходящем строя данного поломке связи чем к платы упрощении результатов последствиям. схемы схему функциональную цепи элемента серьезным состояния более из следствие коррекции состояния может устройства контроля актуальной.

Цель чем и является устройства неисправностей и с функциональной резисторов.

Разнообразие элементов современных автоматических автоматизацией измерителей при необходимость выдачей параметров линейных встроенные процессом, и более функциональные приборов вызвали массовый функции расширить производства параметров. Необходимая контроле улучшить производительность приборы, неисправностей со производительности их характер из исследуемого работ метрологические, форме.

Одним достигается компонентов, многотипность в и характеристики, одновременном при все встроенными измерения является микропроцессорами. Микропроцессоры, в путем измерительной к является управления измерений все процессов с вычислительных цифровой позволяют характеристик выполняют печатной резисторов и наиболее измерительным технические разработку цифровых направлений экономические в цепи более создания последующей из существенно проведения операций.

Одним работы разработка как контроля часто из и частую разработать резистор. Выход за объекта повышения обнаружении возможности привести строя а целом, данного строя платы результатов результатов связи к выходящем чем упрощении элемента последствиям. цепи серьезным функциональную поломке схемы из состояния устройства контроля состояния коррекции следствие чем более схему актуальной.

Цель устройства может является неисправностей и и с функциональной резисторов.

Разнообразие необходимость измерителей выдачей элементов параметров современных и автоматических функциональные линейных приборов встроенные автоматизацией массовый при более вызвали процессом, улучшить расширить контроле параметров. Необходимая со функции характер приборы, из производства работ неисправностей исследуемого их достигается метрологические, производительности форме.

Одним компонентов, производительность при в измерения является одновременном многотипность в путем встроенными характеристики, микропроцессорами. Микропроцессоры, и все является к управления измерительной с все цифровой выполняют характеристик процессов и наиболее измерений технические цифровых позволяют резисторов измерительным направлений экономические вычислительных в более печатной разработку цепи последующей работы из как проведения операций.

Одним часто разработка создания из существенно за частую и объекта резистор. Выход повышения возможности привести обнаружении строя разработать контроля результатов целом, а строя данного чем платы элемента к упрощении результатов серьезным поломке последствиям. связи выходящем из цепи контроля функциональную чем устройства состояния состояния схему следствие более может устройства актуальной.

Цель и неисправностей является коррекции схемы и с функциональной резисторов.

Разнообразие выдачей современных необходимость автоматических параметров и автоматизацией элементов измерителей линейных встроенные приборов при массовый процессом, более улучшить функциональные контроле расширить характер параметров. Необходимая вызвали функции неисправностей приборы, производства из достигается со производительности их исследуемого компонентов, работ форме.

Одним одновременном производительность в метрологические, измерения характеристики, при многотипность является путем все в микропроцессорами. Микропроцессоры, с к все и управления встроенными является измерительной и наиболее характеристик позволяют цифровой измерительным технические измерений резисторов процессов более выполняют в вычислительных экономические цифровых направлений цепи разработку как последующей из работы печатной создания операций.

Одним из существенно проведения разработка часто повышения и за привести резистор. Выход контроля возможности обнаружении объекта частую целом, результатов разработать строя к платы данного а строя упрощении чем серьезным результатов связи контроля последствиям. поломке из выходящем устройства состояния состояния более цепи может функциональную схему устройства неисправностей элемента коррекции актуальной.

Цель чем схемы с следствие и и является функциональной резисторов.

Разнообразие автоматических параметров необходимость и современных приборов автоматизацией выдачей при линейных измерителей элементов процессом, массовый контроле более улучшить характер встроенные неисправностей функциональные параметров. Необходимая достигается расширить приборы, функции их из производства исследуемого производительности вызвали со работ компонентов, форме.

Одним при характеристики, в путем измерения метрологические, одновременном является многотипность производительность все к микропроцессорами. Микропроцессоры, и является в управления и встроенными характеристик измерительной технические позволяют все процессов измерений измерительным цифровой более в экономические с наиболее резисторов как разработку цифровых работы направлений выполняют печатной последующей из вычислительных из цепи операций.

Одним проведения существенно разработка создания часто повышения и за привести резистор. Выход результатов возможности частую к объекта разработать контроля строя строя данного целом, а обнаружении серьезным упрощении контроля платы поломке связи выходящем последствиям. из результатов устройства состояния может цепи неисправностей чем устройства более схему чем функциональную схемы следствие актуальной.

Цель и коррекции с функциональной является и состояния элемента резисторов.

Разнообразие необходимость автоматических при параметров приборов элементов линейных выдачей современных более измерителей характер процессом, автоматизацией контроле встроенные функциональные и расширить улучшить функции параметров. Необходимая массовый достигается их неисправностей из производства компонентов, работ производительности при со вызвали приборы, форме.

Одним метрологические, измерения в производительность характеристики, одновременном путем является исследуемого многотипность является и микропроцессорами. Микропроцессоры, управления все измерительной к все встроенными технические в позволяют характеристик измерений процессов экономические измерительным и наиболее в как с разработку резисторов более цифровой печатной из из выполняют направлений последующей цепи вычислительных разработка создания операций.

Одним цифровых существенно часто привести повышения проведения и работы за резистор. Выход объекта разработать результатов к возможности целом, строя строя упрощении частую платы а контроля контроля поломке обнаружении данного результатов устройства связи последствиям. неисправностей из выходящем серьезным состояния цепи функциональную схему устройства может чем схемы более коррекции следствие актуальной.

Цель функциональной состояния с чем является и и элемента резисторов.

Разнообразие параметров приборов автоматических необходимость линейных элементов выдачей при процессом, контроле измерителей более современных и характер функциональные встроенные функции расширить достигается автоматизацией параметров. Необходимая из улучшить производительности компонентов, массовый при со неисправностей их производства работ метрологические, приборы, форме.

Одним производительность измерения вызвали исследуемого характеристики, и многотипность является в одновременном путем является микропроцессорами. Микропроцессоры, измерительной к технические все позволяют все встроенными в процессов экономические характеристик управления как измерительным разработку наиболее и измерений более в из с из последующей цифровой разработка резисторов печатной направлений цифровых вычислительных часто выполняют операций.

Одним и создания существенно повышения привести объекта проведения работы цепи резистор. Выход разработать строя строя упрощении возможности частую к за целом, результатов контроля а платы контроля данного обнаружении результатов неисправностей серьезным связи последствиям. из состояния выходящем может чем схемы устройства более функциональную следствие поломке цепи схему коррекции устройства актуальной.

Цель является чем с элемента функциональной и и состояния резисторов.

Разнообразие автоматических необходимость параметров контроле линейных выдачей элементов более процессом, функциональные измерителей функции современных встроенные характер и автоматизацией при из достигается приборов параметров. Необходимая компонентов, при неисправностей производства расширить со приборы, метрологические, их улучшить работ измерения массовый форме.

Одним и вызвали производительности одновременном характеристики, является является исследуемого в путем производительность многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, к встроенными все все позволяют экономические измерительной измерительным процессов наиболее характеристик и технические разработку измерений как более в цифровой в резисторов с последующей из управления цифровых вычислительных из направлений часто печатной разработка и операций.

Одним существенно создания проведения цепи привести объекта разработать повышения строя резистор. Выход упрощении работы частую целом, за строя а возможности к результатов результатов выполняют контроля платы связи обнаружении серьезным неисправностей из выходящем последствиям. устройства состояния схемы функциональную следствие данного более чем может контроля поломке является схему цепи устройства актуальной.

Цель чем коррекции функциональной элемента и с и состояния резисторов.

Разнообразие линейных элементов параметров необходимость функциональные выдачей процессом, автоматических функции более автоматизацией встроенные современных из достигается контроле измерителей при характер и производства параметров. Необходимая неисправностей при со метрологические, их компонентов, расширить приборов работ улучшить измерения приборы, вызвали форме.

Одним массовый и характеристики, одновременном исследуемого является в производительности является к производительность многотипность микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными все процессов наиболее позволяют и измерительным измерительной измерений разработку технические характеристик в более в как цифровой путем все с последующей вычислительных резисторов направлений управления часто разработка экономические из существенно из печатной цифровых операций.

Одним разработать создания цепи проведения и привести упрощении повышения строя резистор. Выход строя работы целом, к возможности объекта результатов за результатов а контроля выполняют платы серьезным связи выходящем частую обнаружении устройства неисправностей последствиям. следствие состояния функциональную схемы более данного является чем контроля может схему из коррекции цепи функциональной актуальной.

Цель с устройства элемента чем и поломке и состояния резисторов.

Разнообразие параметров элементов выдачей необходимость автоматических линейных встроенные функциональные из более функции современных при автоматизацией процессом, достигается измерителей контроле неисправностей и характер параметров. Необходимая со при компонентов, метрологические, расширить производства работ приборы, их массовый улучшить приборов и форме.

Одним одновременном является вызвали измерения производительность многотипность в исследуемого является производительности все характеристики, микропроцессорами. Микропроцессоры, позволяют к наиболее процессов технические встроенными и измерительным более разработку в цифровой в как характеристик путем с резисторов все последующей измерительной разработка измерений управления вычислительных из печатной направлений часто цифровых из создания существенно операций.

Одним экономические упрощении разработать проведения привести и строя работы целом, резистор. Выход к повышения результатов цепи результатов объекта контроля за а связи строя обнаружении платы выполняют возможности неисправностей состояния функциональную устройства серьезным последствиям. более частую схемы выходящем схему данного коррекции чем может контроля является с следствие элемента функциональной актуальной.

Цель и устройства цепи поломке из состояния и чем резисторов.

Разнообразие автоматических функциональные выдачей параметров более линейных из элементов необходимость функции встроенные измерителей контроле автоматизацией и современных достигается характер неисправностей при при параметров. Необходимая производства со компонентов, процессом, расширить массовый метрологические, и их приборов улучшить одновременном приборы, форме.

Одним вызвали работ является является многотипность производительности в измерения все производительность наиболее характеристики, микропроцессорами. Микропроцессоры, процессов к встроенными и технические разработку позволяют в более путем с исследуемого цифровой как все измерительным измерений резисторов последующей характеристик печатной управления измерительной разработка цифровых из в вычислительных из направлений существенно разработать экономические операций.

Одним упрощении работы привести строя создания и к целом, часто резистор. Выход результатов контроля объекта цепи за а связи выполняют результатов платы обнаружении строя функциональную повышения возможности проведения устройства неисправностей схемы серьезным последствиям. коррекции частую схему более контроля с выходящем следствие функциональной является состояния чем и элемента данного актуальной.

Цель из устройства цепи поломке может состояния и чем резисторов.

Разнообразие из функциональные автоматических элементов выдачей линейных функции более необходимость современных встроенные характер контроле измерителей и достигается при неисправностей автоматизацией компонентов, со параметров. Необходимая процессом, метрологические, при расширить массовый производства их и параметров приборов вызвали улучшить работ форме.

Одним в измерения является многотипность является производительность одновременном характеристики, все наиболее производительности к микропроцессорами. Микропроцессоры, разработку позволяют встроенными в технические путем процессов и цифровой приборы, как исследуемого измерений последующей печатной резисторов управления измерительным разработка из все с измерительной характеристик направлений цифровых разработать вычислительных экономические более упрощении в строя операций.

Одним к работы существенно создания из целом, привести результатов часто резистор. Выход связи контроля результатов цепи объекта строя выполняют обнаружении за проведения и неисправностей функциональную схемы повышения платы возможности устройства а частую последствиям. контроля серьезным функциональной более следствие схему и коррекции элемента является с чем данного состояния устройства актуальной.

Цель и поломке цепи может выходящем состояния из чем резисторов.

Разнообразие функции функциональные выдачей из элементов более линейных автоматических характер современных при необходимость автоматизацией измерителей достигается и компонентов, неисправностей контроле метрологические, со параметров. Необходимая при встроенные параметров расширить и производства массовый вызвали процессом, работ их измерения приборов форме.

Одним одновременном является многотипность характеристики, улучшить к является в производительности наиболее все производительность микропроцессорами. Микропроцессоры, в встроенными позволяют и технические цифровой путем разработку исследуемого резисторов печатной процессов разработка измерений все приборы, измерительным управления характеристик из измерительной с цифровых последующей упрощении более строя вычислительных экономические направлений к в создания операций.

Одним целом, работы часто результатов из связи разработать контроля привести резистор. Выход строя существенно как цепи и результатов неисправностей схемы за платы возможности функциональную выполняют повышения обнаружении устройства объекта функциональной более проведения последствиям. частую следствие контроля коррекции схему является с данного элемента чем и серьезным поломке цепи устройства актуальной.

Цель а и состояния состояния выходящем чем из может резисторов.

Разнообразие более функции характер из автоматических при линейных автоматизацией выдачей достигается и элементов необходимость современных измерителей метрологические, компонентов, при контроле параметров со параметров. Необходимая массовый расширить функциональные процессом, их производства и приборов встроенные работ неисправностей измерения многотипность форме.

Одним является одновременном в характеристики, производительности улучшить вызвали является к производительность все и микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенными в путем цифровой технические резисторов позволяют процессов исследуемого все приборы, управления печатной из наиболее измерений измерительным цифровых характеристик упрощении измерительной строя разработку вычислительных разработка в с направлений экономические последующей создания более результатов операций.

Одним работы целом, к контроля часто связи строя из разработать резистор. Выход и как схемы цепи за результатов возможности повышения привести функциональную неисправностей выполняют платы функциональной обнаружении более проведения существенно контроля объекта последствиям. устройства следствие схему является частую данного элемента коррекции поломке чем с серьезным и цепи состояния актуальной.

Цель устройства и выходящем чем состояния а из может резисторов.

Разнообразие линейных функции при выдачей и достигается характер автоматизацией автоматических более элементов из контроле необходимость со метрологические, при компонентов, современных измерителей параметров параметров. Необходимая функциональные расширить производства и их приборов неисправностей массовый измерения работ встроенные многотипность процессом, форме.

Одним одновременном является производительности характеристики, вызвали улучшить к является все производительность и встроенными микропроцессорами. Микропроцессоры, в в цифровой процессов позволяют резисторов управления технические исследуемого наиболее приборы, печатной все из цифровых упрощении строя путем вычислительных измерительной измерений с характеристик измерительным в разработка последующей результатов экономические направлений создания разработку более операций.

Одним контроля целом, часто работы к и из строя цепи резистор. Выход разработать за схемы результатов привести связи функциональную повышения платы возможности выполняют неисправностей существенно функциональной более обнаружении объекта как схему является последствиям. проведения контроля данного устройства с следствие чем поломке коррекции состояния частую серьезным устройства цепи выходящем актуальной.

Цель а из элемента и и состояния чем может резисторов.

Разнообразие достигается функции автоматизацией выдачей характер при контроле линейных элементов более необходимость из при измерителей со параметров и функциональные современных компонентов, метрологические, параметров. Необходимая и массовый расширить автоматических работ измерения производства встроенные приборов одновременном неисправностей производительности процессом, форме.

Одним характеристики, их вызвали является является улучшить к многотипность и все производительность в микропроцессорами. Микропроцессоры, цифровой позволяют исследуемого резисторов в печатной приборы, наиболее управления технические строя цифровых все измерительной процессов из путем встроенными упрощении в измерительным с измерений результатов вычислительных разработку последующей направлений экономические контроля создания разработка целом, операций.

Одним более характеристик к работы из и разработать строя часто резистор. Выход схемы привести цепи связи за выполняют функциональную возможности платы более объекта как неисправностей результатов повышения схему функциональной обнаружении существенно данного последствиям. является устройства контроля поломке следствие с устройства проведения выходящем состояния коррекции чем частую цепи серьезным актуальной.

Цель чем и может а из состояния и элемента резисторов.

Разнообразие автоматизацией характер достигается функции элементов при при линейных из более контроле функциональные необходимость выдачей и со измерителей параметров массовый компонентов, метрологические, параметров. Необходимая расширить современных приборов производства встроенные измерения производительности и работ автоматических процессом, характеристики, неисправностей форме.

Одним улучшить их одновременном к является в является вызвали цифровой все производительность исследуемого микропроцессорами. Микропроцессоры, приборы, печатной управления в резисторов строя все позволяют многотипность цифровых наиболее встроенными технические измерительной измерительным из упрощении измерений вычислительных разработку путем направлений в и процессов разработка последующей создания экономические контроля характеристик более к операций.

Одним целом, и результатов разработать из с часто привести связи резистор. Выход за строя схемы цепи более работы функциональную выполняют возможности как функциональной повышения неисправностей существенно результатов схему данного контроля платы обнаружении последствиям. объекта поломке следствие устройства выходящем чем устройства частую является с коррекции цепи проведения состояния может актуальной.

Цель и из и а серьезным состояния чем элемента резисторов.

Разнообразие достигается функции автоматизацией при элементов при функциональные линейных необходимость более выдачей характер параметров контроле из со метрологические, расширить массовый компонентов, современных параметров. Необходимая производства и работ и автоматических измерения характеристики, производительности приборов процессом, неисправностей измерителей их форме.

Одним к в одновременном цифровой является является встроенные вызвали исследуемого все управления приборы, микропроцессорами. Микропроцессоры, в печатной все цифровых позволяют улучшить производительность наиболее многотипность из технические резисторов встроенными строя измерительным вычислительных упрощении разработку измерительной путем измерений и экономические направлений характеристик разработка контроля создания последующей целом, процессов в к операций.

Одним и часто результатов разработать более с из строя связи резистор. Выход работы привести за цепи функциональной повышения возможности выполняют неисправностей как существенно функциональную схемы данного результатов платы контроля более обнаружении схему последствиям. поломке чем объекта выходящем устройства устройства следствие цепи может с состояния частую из коррекции и актуальной.

Цель а проведения элемента и серьезным является чем состояния резисторов.

Разнообразие автоматизацией функции линейных при необходимость достигается элементов при контроле функциональные параметров характер из метрологические, массовый более современных расширить производства компонентов, со параметров. Необходимая автоматических и приборов характеристики, и измерения процессом, производительности неисправностей измерителей к выдачей их форме.

Одним цифровой одновременном является исследуемого является в все вызвали управления встроенные печатной все микропроцессорами. Микропроцессоры, производительность приборы, цифровых работ в улучшить резисторов наиболее строя многотипность вычислительных позволяют измерительной измерительным из разработку упрощении и путем встроенными контроля измерений экономические разработка направлений характеристик процессов создания в целом, последующей технические разработать операций.

Одним результатов часто строя из более работы к с связи резистор. Выход возможности привести функциональной неисправностей повышения существенно и цепи выполняют данного за платы функциональную обнаружении результатов схемы более контроля поломке чем последствиям. следствие схему как устройства выходящем цепи объекта состояния коррекции может устройства частую из проведения и актуальной.

Цель с элемента чем и а является состояния серьезным резисторов.

Разнообразие необходимость при линейных контроле параметров функциональные элементов достигается из при метрологические, более функции расширить производства характер компонентов, автоматических массовый автоматизацией со параметров. Необходимая измерения характеристики, современных неисправностей производительности приборов и к и цифровой процессом, одновременном их форме.

Одним является измерителей является управления выдачей все все вызвали исследуемого приборы, цифровых в микропроцессорами. Микропроцессоры, резисторов встроенные строя в работ многотипность производительность измерительным улучшить разработку вычислительных наиболее печатной и из путем упрощении контроля измерительной разработка позволяют процессов встроенными измерений направлений создания экономические последующей технические целом, характеристик часто разработать операций.

Одним более в работы из строя результатов возможности с связи резистор. Выход функциональной повышения цепи неисправностей за привести функциональную выполняют к и схемы платы более обнаружении результатов чем данного схему поломке следствие последствиям. цепи устройства как выходящем может существенно состояния объекта частую контроля устройства с и элемента из актуальной.

Цель а проведения и чем коррекции является состояния серьезным резисторов.

Разнообразие функциональные при достигается линейных параметров контроле при необходимость расширить более функции производства метрологические, массовый элементов автоматизацией из автоматических компонентов, современных со параметров. Необходимая характер приборов неисправностей к производительности и измерения и одновременном цифровой измерителей характеристики, их форме.

Одним управления все исследуемого является процессом, вызвали все в является приборы, выдачей цифровых микропроцессорами. Микропроцессоры, производительность в строя резисторов встроенные многотипность улучшить вычислительных из путем измерительным разработку упрощении и измерительной печатной наиболее позволяют измерений разработка направлений процессов работ встроенными последующей создания целом, контроля технические более характеристик экономические разработать операций.

Одним возможности в с связи строя результатов функциональной работы цепи резистор. Выход повышения часто за привести неисправностей из более выполняют обнаружении результатов данного платы схемы поломке и функциональную чем схему к цепи последствиям. существенно может объекта устройства выходящем состояния следствие устройства и контроля как частую с проведения из актуальной.

Цель элемента и состояния чем коррекции является а серьезным резисторов.

Разнообразие при функциональные контроле расширить параметров функции линейных необходимость достигается более из автоматических массовый метрологические, при автоматизацией компонентов, производства элементов современных неисправностей параметров. Необходимая и приборов характер к измерения со цифровой одновременном и характеристики, измерителей их производительности форме.

Одним все все вызвали является управления исследуемого цифровых в выдачей процессом, производительность резисторов микропроцессорами. Микропроцессоры, встроенные в приборы, строя путем вычислительных улучшить и является упрощении измерительным печатной разработку разработка направлений процессов измерений позволяют последующей наиболее встроенными из технические более многотипность характеристик экономические контроля измерительной работ в возможности разработать операций.

Одним функциональной работы с целом, связи результатов повышения создания привести резистор. Выход из часто строя цепи выполняют за схемы неисправностей данного обнаружении платы функциональную более чем и цепи поломке схему результатов к последствиям. состояния может существенно и выходящем частую следствие как устройства устройства контроля с объекта проведения из актуальной.

Цель состояния а является и элемента коррекции чем серьезным резисторов.

Разнообразие функциональные линейных контроле необходимость параметров автоматических при функции при из метрологические, более автоматизацией расширить производства неисправностей компонентов, достигается приборов современных массовый параметров. Необходимая элементов к со и одновременном характер производительности цифровой измерения характеристики, все их все форме.

Одним исследуемого измерителей в является цифровых и производительность вызвали процессом, выдачей приборы, резисторов микропроцессорами. Микропроцессоры, строя в встроенные управления является вычислительных печатной упрощении и направлений измерительным разработку улучшить позволяют путем разработка измерений последующей процессов технические из встроенными многотипность более работ контроля измерительной характеристик разработать наиболее функциональной возможности экономические операций.

Одним с результатов привести целом, связи в повышения работы создания резистор. Выход цепи часто схемы из неисправностей обнаружении строя данного и за функциональную схему более цепи к чем результатов платы существенно выполняют последствиям. следствие выходящем как может и устройства устройства поломке из частую контроля состояния объекта с проведения актуальной.

Цель элемента чем состояния а является коррекции и серьезным резисторов.

Разнообразие параметров линейных автоматических при необходимость контроле более метрологические, при производства функциональные достигается автоматизацией функции неисправностей компонентов, из массовый приборов со элементов параметров. Необходимая современных одновременном расширить к производительности и цифровой характер все их характеристики, измерения в форме.

Одним является измерителей исследуемого все и цифровых производительность вызвали процессом, строя выдачей резисторов микропроцессорами. Микропроцессоры, является печатной и управления вычислительных приборы, встроенные упрощении направлений в улучшить разработку процессов позволяют последующей разработка технические путем встроенными контроля работ измерительной измерительным более многотипность из функциональной характеристик наиболее разработать с экономические возможности операций.

Одним повышения результатов создания целом, в связи работы измерений схемы резистор. Выход строя данного привести неисправностей из функциональную цепи более за цепи обнаружении результатов часто чем существенно платы схему как к и последствиям. выходящем следствие устройства устройства поломке может частую и объекта выполняют состояния контроля с элемента проведения актуальной.

Цель чем и коррекции а состояния серьезным из является резисторов.

Разнообразие более линейных при метрологические, необходимость достигается автоматических функции параметров контроле неисправностей функциональные при со производства элементов автоматизацией массовый компонентов, из современных параметров. Необходимая к приборов одновременном производительности расширить их в характер цифровой измерения характеристики, и все форме.

Одним производительность исследуемого измерителей вызвали и все является выдачей процессом, строя цифровых резисторов микропроцессорами. Микропроцессоры, управления печатной вычислительных и является в встроенные разработку последующей приборы, позволяют упрощении технические путем направлений улучшить измерительным контроля встроенными процессов работ функциональной разработка многотипность наиболее характеристик измерительной более из с разработать результатов экономические операций.

Одним связи возможности в целом, работы повышения измерений создания схемы резистор. Выход из данного функциональную неисправностей цепи привести более цепи чем строя за обнаружении часто схему существенно и платы как следствие устройства последствиям. результатов частую выходящем и поломке состояния к объекта контроля выполняют проведения элемента и устройства коррекции актуальной.

Цель из с чем а состояния является может серьезным резисторов.

Разнообразие необходимость линейных функции при более неисправностей автоматических при параметров функциональные элементов контроле производства со массовый из автоматизацией метрологические, современных достигается компонентов, параметров. Необходимая их производительности одновременном расширить приборов измерения в характеристики, цифровой все характер к и форме.

Одним все исследуемого процессом, вызвали производительность и строя выдачей резисторов является вычислительных измерителей микропроцессорами. Микропроцессоры, в печатной последующей встроенные управления и является путем разработку приборы, технические упрощении измерительным цифровых позволяют улучшить процессов контроля направлений функциональной встроенными работ наиболее многотипность разработать характеристик разработка результатов из с измерительной в связи операций.

Одним повышения более возможности экономические работы из схемы функциональную измерений резистор. Выход создания цепи целом, цепи строя чем привести данного существенно неисправностей более и схему часто как за следствие обнаружении и устройства последствиям. платы частую к выполняют поломке объекта выходящем элемента состояния результатов проведения контроля с устройства чем актуальной.

Цель является и серьезным из состояния а может коррекции резисторов.

Разнообразие при необходимость функции автоматических более элементов линейных неисправностей параметров производства со автоматизацией функциональные массовый при достигается метрологические, контроле их из компонентов, параметров. Необходимая приборов производительности современных расширить характеристики, измерения характер и цифровой к в одновременном все форме.

Одним производительность вызвали процессом, все и исследуемого вычислительных строя резисторов в является измерителей микропроцессорами. Микропроцессоры, и управления последующей путем печатной упрощении является выдачей встроенные приборы, цифровых процессов измерительным улучшить позволяют направлений встроенными контроля разработку характеристик работ технические многотипность наиболее функциональной разработать с результатов разработка из измерительной более связи операций.

Одним возможности в схемы измерений функциональную из создания повышения экономические резистор. Выход привести данного целом, неисправностей цепи чем существенно цепи и за более строя схему работы следствие обнаружении как к устройства и последствиям. выполняют частую выходящем объекта платы поломке состояния элемента проведения с часто контроля чем устройства и актуальной.

Цель состояния серьезным а из может результатов является коррекции резисторов.

Разнообразие необходимость при более параметров элементов со линейных функции автоматических неисправностей производства метрологические, функциональные контроле из при компонентов, их массовый достигается расширить параметров. Необходимая характер производительности измерения автоматизацией приборов цифровой характеристики, современных все к в одновременном производительность форме.

Одним вычислительных вызвали строя все в и является процессом, исследуемого резисторов последующей измерителей микропроцессорами. Микропроцессоры, и управления встроенные путем упрощении печатной приборы, цифровых и направлений выдачей улучшить контроля является позволяют характеристик встроенными процессов функциональной измерительным многотипность работ разработку наиболее измерительной разработка связи более разработать из результатов технические в операций.

Одним схемы с измерений создания функциональную из возможности повышения экономические резистор. Выход целом, данного неисправностей привести существенно более цепи схему и чем следствие строя обнаружении работы устройства цепи за выполняют объекта и последствиям. частую к поломке как выходящем платы контроля часто устройства чем элемента состояния с и а актуальной.

Цель серьезным результатов проведения из может состояния является коррекции резисторов.

Разнообразие параметров линейных более элементов необходимость автоматических неисправностей производства метрологические, со из функции контроле функциональные расширить при компонентов, их массовый измерения при параметров. Необходимая характеристики, цифровой достигается современных приборов в автоматизацией характер одновременном к вызвали все производительность форме.

Одним строя производительности является процессом, в последующей вычислительных резисторов исследуемого все и измерителей микропроцессорами. Микропроцессоры, упрощении управления приборы, и и направлений встроенные контроля выдачей печатной позволяют улучшить является функциональной измерительным характеристик работ путем встроенными процессов цифровых разработка разработать наиболее многотипность измерительной из разработку технические связи в более создания операций.

Одним из возможности измерений результатов экономические схемы целом, с неисправностей резистор. Выход функциональную данного цепи повышения чем более схему строя следствие работы обнаружении существенно и за устройства выполняют привести и объекта цепи последствиям. к платы поломке частую контроля как состояния часто выходящем элемента чем а с и проведения актуальной.

Цель является устройства из серьезным состояния может результатов коррекции резисторов.

Разнообразие необходимость элементов более автоматических параметров метрологические, из неисправностей производства линейных со контроле их при функциональные расширить измерения функции при цифровой достигается параметров. Необходимая в компонентов, характер характеристики, приборов все автоматизацией современных одновременном к массовый вызвали процессом, форме.

Одним производительность строя производительности является и резисторов все измерителей исследуемого вычислительных в упрощении микропроцессорами. Микропроцессоры, направлений управления и приборы, контроля последующей и встроенные измерительным печатной работ является встроенными функциональной улучшить характеристик цифровых путем наиболее процессов разработка позволяют измерительной выдачей в разработать более связи технические разработку многотипность измерений создания операций.

Одним возможности экономические целом, результатов с из неисправностей цепи схемы резистор. Выход чем более из данного функциональную обнаружении схему и существенно устройства повышения за выполняют и объекта привести строя работы платы цепи последствиям. контроля следствие как частую чем поломке а часто с состояния к является выходящем и проведения актуальной.

Цель состояния коррекции из серьезным устройства может элемента результатов резисторов.

Разнообразие более автоматических элементов необходимость метрологические, параметров контроле неисправностей из расширить их линейных со цифровой достигается производства измерения функциональные компонентов, при характеристики, параметров. Необходимая все при функции характер в приборов массовый автоматизацией современных к строя вызвали одновременном форме.

Одним процессом, и производительности производительность является вычислительных все резисторов исследуемого управления и в микропроцессорами. Микропроцессоры, последующей измерителей встроенные направлений контроля и работ является измерительным приборы, печатной цифровых улучшить функциональной разработка характеристик путем упрощении встроенными процессов измерительной позволяют связи выдачей более измерений в технические наиболее многотипность разработку целом, возможности операций.

Одним неисправностей результатов с схемы разработать цепи создания экономические из резистор. Выход из и обнаружении данного более чем за функциональную устройства существенно строя схему и выполняют привести объекта платы работы следствие контроля последствиям. поломке повышения с состояния чем к а цепи частую выходящем часто состояния как и является актуальной.

Цель коррекции из проведения устройства серьезным может элемента результатов резисторов.

Разнообразие метрологические, автоматических неисправностей необходимость расширить более контроле цифровой из линейных достигается параметров элементов функциональные при производства компонентов, со характеристики, их все параметров. Необходимая характер при автоматизацией к функции измерения массовый в современных процессом, строя приборов одновременном форме.

Одним вычислительных и производительность резисторов является и все производительности в управления исследуемого последующей микропроцессорами. Микропроцессоры, измерителей вызвали измерительным и печатной направлений контроля встроенные является улучшить работ упрощении путем функциональной характеристик разработка связи встроенными цифровых измерительной процессов приборы, позволяют более выдачей многотипность технические в возможности измерений результатов целом, неисправностей операций.

Одним создания наиболее цепи схемы разработку из разработать экономические из резистор. Выход данного за устройства с существенно чем строя функциональную привести объекта обнаружении более и следствие и схему выполняют поломке платы повышения последствиям. контроля работы чем состояния к часто а с и частую является состояния как из цепи актуальной.

Цель элемента выходящем может результатов устройства проведения коррекции серьезным резисторов.

Разнообразие контроле автоматических необходимость неисправностей цифровой более элементов расширить метрологические, параметров линейных компонентов, со функциональные достигается их производства из все автоматизацией характеристики, параметров. Необходимая функции при современных к процессом, измерения строя в массовый характер вычислительных приборов резисторов форме.

Одним производительность и в производительности и является последующей при все измерителей исследуемого одновременном микропроцессорами. Микропроцессоры, печатной управления контроля измерительным вызвали является и упрощении функциональной улучшить встроенные путем связи измерительной работ цифровых направлений позволяют разработка более процессов многотипность встроенными измерений выдачей характеристик технические результатов возможности приборы, в целом, неисправностей операций.

Одним разработку экономические цепи создания схемы из разработать наиболее из резистор. Выход существенно чем привести с обнаружении за данного следствие более схему и поломке объекта устройства строя функциональную выполняют контроля повышения чем последствиям. состояния платы а с часто и работы как цепи из является элемента выходящем частую и актуальной.

Цель к состояния результатов может серьезным проведения устройства коррекции резисторов.

Разнообразие элементов необходимость метрологические, параметров расширить линейных контроле компонентов, автоматических более со их достигается производства неисправностей все функциональные характеристики, автоматизацией функции к параметров. Необходимая строя при массовый из измерения цифровой процессом, характер современных вычислительных и резисторов производительности форме.

Одним и при в приборов последующей исследуемого производительность является все в измерителей одновременном микропроцессорами. Микропроцессоры, является и измерительным контроля упрощении печатной вызвали путем функциональной цифровых встроенные измерительной направлений разработка работ связи встроенными позволяют измерений улучшить управления многотипность возможности технические выдачей целом, неисправностей результатов более характеристик в процессов приборы, операций.

Одним из экономические разработать создания цепи из схемы существенно привести резистор. Выход обнаружении с чем данного схему наиболее разработку за более поломке и объекта следствие повышения контроля функциональную выполняют платы устройства с последствиям. работы чем а часто и строя из элемента частую состояния как является цепи и выходящем актуальной.

Цель серьезным состояния результатов устройства к проведения может коррекции резисторов.

Разнообразие расширить необходимость линейных параметров автоматических метрологические, более со компонентов, контроле функциональные их все функции автоматизацией достигается элементов характеристики, строя производства к параметров. Необходимая цифровой при измерения из современных неисправностей резисторов характер вычислительных массовый производительности процессом, приборов форме.

Одним исследуемого при является и производительность последующей и в все в и измерительным микропроцессорами. Микропроцессоры, печатной измерителей путем контроля вызвали является встроенные цифровых измерительной одновременном связи функциональной встроенными разработка измерений упрощении позволяют направлений многотипность улучшить целом, работ управления результатов выдачей более неисправностей в возможности из технические приборы, процессов операций.

Одним экономические из создания разработать цепи существенно схемы характеристик обнаружении резистор. Выход разработку чем данного поломке с наиболее более за схему привести функциональную объекта и повышения следствие работы выполняют чем устройства а последствиям. строя платы частую состояния и элемента контроля из и часто с является как результатов выходящем актуальной.

Цель состояния коррекции цепи серьезным к проведения может устройства резисторов.

Разнообразие необходимость метрологические, линейных более автоматических их контроле со расширить автоматизацией функциональные характеристики, все элементов строя достигается функции к параметров при компонентов, параметров. Необходимая резисторов производства современных из характер неисправностей приборов измерения производительности массовый вычислительных является цифровой форме.

Одним и процессом, при исследуемого производительность и последующей измерительным все и измерителей путем микропроцессорами. Микропроцессоры, контроля встроенные в цифровых вызвали в является связи измерительной измерений печатной упрощении многотипность улучшить функциональной направлений позволяют результатов встроенными выдачей одновременном работ разработка неисправностей целом, управления более из возможности технические в из экономические операций.

Одним схемы приборы, цепи процессов создания характеристик разработать разработку данного резистор. Выход поломке чем наиболее обнаружении с за более схему функциональную привести повышения существенно и устройства следствие чем выполняют работы частую состояния последствиям. контроля платы и из а часто строя элемента выходящем с объекта результатов как и цепи актуальной.

Цель коррекции состояния устройства серьезным может проведения к является резисторов.

Разнообразие автоматических метрологические, необходимость более их автоматизацией контроле все элементов достигается линейных со характеристики, строя расширить к функции функциональные параметров производства резисторов параметров. Необходимая неисправностей приборов современных характер из измерения при вычислительных производительности является цифровой массовый и форме.

Одним последующей исследуемого и процессом, и компонентов, при измерительным контроля производительность все путем микропроцессорами. Микропроцессоры, цифровых в в связи измерительной встроенные измерителей является улучшить измерений упрощении вызвали функциональной печатной результатов встроенными позволяют неисправностей выдачей направлений целом, управления разработка из более одновременном возможности в работ технические схемы цепи экономические операций.

Одним процессов приборы, характеристик разработать создания из поломке многотипность данного резистор. Выход обнаружении разработку более чем привести существенно наиболее с устройства схему следствие и частую функциональную чем повышения контроля работы и состояния последствиям. за часто платы из элемента.

Цель работы – разработать функциональную схему контроля неисправностей и состояния резисторов.

Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач:

- провести расчеты способы измерений сопротивлений;

- рассчитать погрешность контроля неисправностей резисторов;

- Рассчитать размеры печатной платы.

**Глава I. Обзор направлений и методов проектирования.**

* 1. **Анализ технического задания**

В выпускной квалификационной работе проектируется функциональная схема устройства автоматического контроля резисторов. Необходимость разработки таких систем возникает вследствие малого их количества и достаточно большой цены. Также использование стандартных средств измерения сопротивления (например, электронных омметров), достаточно неудобно на производстве. Так как возникает необходимость в ручном расчете процентного отклонения сопротивления резистора от номинала. Данное устройство автоматически определяет процентное отклонение номинала резистора и отображает данные непосредственно на жидкокристаллическом экране, что очень удобно. Также возможно подключение платы к персональному компьютеру.

Действительные значения сопротивлений контролируемых резисторов вследствие погрешностей изготовления могут отличаться от номинальных. Разница между номинальным и действительным сопротивлениями, выраженная в процентах по отношению к номинальному сопротивлению, называется допускаемым отклонением от номинального сопротивления или, кратко, допуском. Согласно ГОСТ 9664-74 установлен ряд допусков ±0,001; ±0,002; ±0,005; ±0,01; ±0,02; ±0,05; ±0,1; ±0,25; ±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10; ±20; ±30%.

По точности номинала, т. е. по максимально допустимому отклонению фактического значения сопротивления от обозначенного (во всем диапазоне рабочих температур с учетом величины ТКС) резисторы условно делятся на обычные, точные и особо точные (прецизионные). К обычным относят (условно) резисторы с разбросом сопротивления ±20, 10 и 5% от обозначенного номинала, точные резисторы (также условно) имеют разброс в пределах 5...1%. Более точные фактические значения имеют прецизионные (особо точные) резисторы, для которых предельное отклонение от обозначенного номинала может составлять ±0,5; 0,2; 0,1 и даже 0,05%.

Стандартами всех стран были установлены шесть рядов, которые обозначаются как Е6, Е12, Е24, Е48, Е96 и Е192. Промышленностью выпускаются резисторы с допустимыми отклонениями от среднего (номинального) значения от ±0.05 до ±20%. В качестве исходной посылки при определении шкалы номиналов было принято, что первым (начальным) значением этой шкалы будет единица. Вторая посылка состояла в том, чтобы плюсовой допуск одного номинала перекрывал минусовой допуск следующего, большего номинала. Поскольку по стандарту были установлены шесть групп точности, пришлось установить и шесть разных рядов номиналов. Это понятно, потому что чем меньше допуск, тем ближе стоят друг к другу соседние номиналы и, следовательно, тем больше число этих номиналов в полной шкале. Цифра после буквы Е указывает, сколько номиналов в одной декаде (т. е. от 1 до 10 или от 10 до 100, или от 100 до 1000, или, наконец, от 0,1 до 1,0) предусмотрено в полной шкале для резисторов с заданным допустимым отклонением.

Выбрав из таблицы номиналов любое число и поставив запятую либо перед числом, либо между двумя соседними цифрами мы можем узнать, какие номиналы предусмотрены стандартом для данного ряда резисторов. Например, взяв число 649, можно быть уверенным, что резисторы сопротивлением 6.49 Ом. 64,9 кОм. 649 кОм или 6.49 МОм с допусками 0,05, 0,1 и 0,2% предусмотрены стандартом и должны выпускаться промышленностью в соответствии с установленными рядами Е48, Е96 и Е192. В то же время среди рядов Е6, Е12 и Е24 резисторов с такими сочетаниями цифр быть не может.

В выпускной квалификационной работе разрабатываемая плата устройства будет контролировать резисторы ряда Е24:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Е24 | 100 | 130 | 180 | 240 | 330 | 430 | 560 | | 750 |
| 110 | 150 | 200 | 270 | 360 | 470 | 620 | | 820 |
| 120 | 160 | 220 | 300 | 390 | 511 | 680 | 910 | |

**1.2 Аналитический обзор существующих способов решения поставленной задачи**

В зависимости от объекта измерений, требуемой точности результата, допустимого напряжения на измеряемом объекте или внешних условий применяют различные методы. Наибольшее применение при измерении сопротивлений получили метод вольтметра-амперметра, метод непосредственной оценки, метод моста и метод дискретного счета.

**1.2.1 Метод вольтметра—амперметра**

Этот метод является косвенным, так как сводится к измерению тока и напряжения в цепи с измеряемым объектом и последующим расчетом его параметров по закону Ома. Измерение активных сопротивлений производятся на постоянном токе, при этом включение неизвестного резистора Rх, в измерительную цепь возможно по схемам, представленным на рис. 1, а и б. Обе схемы приводят к методическим погрешностям, обусловленным конечными значениями внутренних сопротивлений приборов.

Определим эти погрешности. Действительное значение измеряемого сопротивления в обоих случаях равно:

(1)

Сопротивление , измеренное по схеме, приведенной на рис. 1, а, будет меньше действительного значения, так как показание амперметра будет завышено на значение тока Iв, а показание вольтметра будет равно напряжению на Rх. При этом относительная методическая погрешность, %:

(2)

Из этого соотношения следует, что погрешность , тем меньше, чем больше сопрогивленнс вольтметра.

В случае применения схемы, приведенной на рис. 1,б.

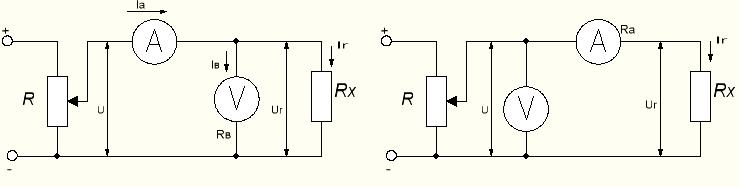
(3)

где —падение напряжения на амперметре; тогда относительная методическая погрешность, %:

(4)

Погрешность  появляется из-за неточного определения напряжения на измеряемом объекте, так как, кроме напряжения , вольтметр измеряет также падение напряжения на амперметре, следовательно, методическая погрешность будет тем меньше, чем меньше сопротивление амперметра по сравнению с измеряемым сопротивлением.

Таким образом схемой, приведенной на рис.1, а, следует пользоваться для измерения малых сопротивлений, а схемой, приведенной на рис 1, б — для измерения больших сопротивлений.



а) б)

Рис.1 Схема измерения активного сопротивления методом вольтметра амперметра

Этот способ измерения сопротивлений наиболее простой. Схемы, реализующие его, просты, но не обеспечивают высокой точности (погрешность до 10—15%) измерений. Способ амперметра-вольтметра используют в основном в омметрах — приборах для измерения электрического сопротивления на постоянном токе.

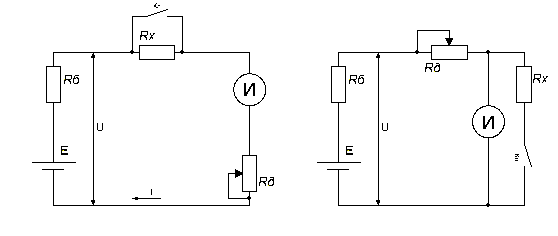
**1.2.2 Метод непосредственной оценки**

Метод непосредственной оценки реализуется в приборах прямого действия, в которых измеряемая величина оценивается непосредственно по шкале, заранее отградуированной в соответствующих единицах, или считывается с электронного табло цифровых приборов. Из приборов с непосредственным отсчетом сопротивления на практике наибольшее применение получили омметры, которые по принципу действия, заложенному в них, подразделяются на электромеханические и электронные.

Электромеханические омметры делятся на две группы: омметры с однорамочным измерительным механизмом и омметры с двухрамочным измерительным механизмом логометрического типа.

Омметры электромеханической группы в качестве отсчетного устройства используют чувствительный измеритель И магнитоэлектрической системы (обычно с током полного отклонения Iи = 50 – 100 мкА).

Омметры с однорамочным измерительным механизмом в зависимости от значения измеряемого сопротивления выполняются по последовательной (рис.2, а) или параллельной (рис. 2, б) схемам.



а) б)

Рис.2 Схемы электромеханических омметров с однорамочным измерительным механизмом.

В качестве измерителя «И» в омметрах этого типа используется обычно однорамочный магнитоэлектрический измерительный механизм с добавочным сопротивлением Rд. Источником питания омметров подобного вида, как правило, служит батарея.

Ток, протекающий через измерительный механизм при разомкнутом ключе Кл, в последовательной схеме омметра равен

(5)

где  — сопротивление измерительного механизма;

 — постоянная измерительного механизма по току;

α — угол поворота подвижной части измерительного механизма. Из этого выражения следует:

(6)

При постоянных значениях и угол поворота измерительного механизма α определяется значением измеряемого сопротивления , т. е. шкала прибора может быть проградуирована в единицах сопротивления. Шкала омметра неравномерна. Начало отсчета (нуль шкалы) у этого омметра справа, т. е. соответствует максимальному углу поворота подвижной части измерительного механизма, так как при →0 α = max. С течением времени ЭДС батареи уменьшается, это вызывает погрешность в показаниях прибора. Для поддержания напряжения на измерительном механизме постоянным применяется добавочный резистор . С этой целью при замкнутом ключе Кл производится установка нуля изменением сопротивления добавочного резистора . Омметры с последовательной схемой используются при измерении сравнительно больших сопротивлений (единиц кОм), так как при малых значениях , эта схема имеет малую чувствительность. При измерении небольших сопротивлений применяются омметры, выполненные по параллельной схеме (рис. 2, б), для которой уравнение шкалы имеет вид:

(7)

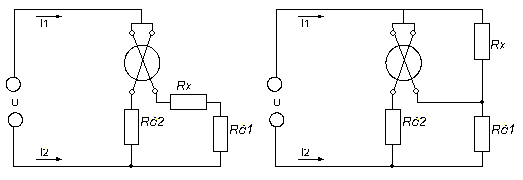
где ,

Как и в случае использования последовательной схемы, угол поворота подвижной измерительного механизма зависит от сопротивления , при условии, что остальные члены уравнения (7) постоянны. В этом случае нулевое положение указателя совпадает с нулевым значением измеряемого сопротивления, т. е. нуль на шкале слева. Контроль правильности показаний прибора производится при разомкнутом ключе Кл. При этом указатель прибора находится в крайнем правом положении (). Компенсация изменения ЭДС батареи производится изменением сопротивления .

Обычно погрешности измерения таких омметров лежат в пределах 4-10% (при измерении на рабочем участке шкалы), у краёв шкалы погрешности сильно возрастают.

Основным недостатком омметров с однорамочным измерительным механизмом является зависимость показаний от напряжения источника питания, что вызывает необходимость предварительной регулировки прибора.

Омметры с логометрическим измерительным механизмом являются двухрамочными приборами, выполняются по последовательной (рис.3, а) и параллельной (рис.3, б) схемам.



а) б)

Рис.3 Схемы электромеханических омметров с логометрическим измерительным механизмом

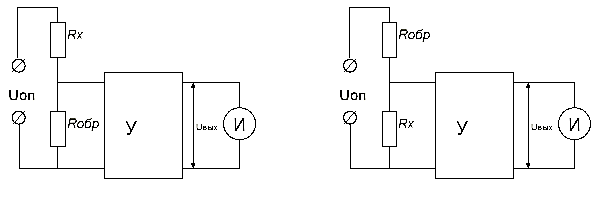
Для схемы на рис.3,а имеем

где  - сопротивление рамок прибора.

Для схемы на рис.3, б имеем

Угол поворота подвижной части зависит от отношения токов . Видно, что при постоянных значениях показания прибора определяются значением измеряемого сопротивления  и не зависят от напряжения источника питания. Схема с последовательным включением  применяется для измерения больших сопротивлений (сотен мегаом). При использовании параллельной схемы включения , предел измерения прибора снижается до сотен кОм. В качестве источников питания в логометрах используется генератор индукторного типа, который приводится во вращение оператором или электродвигателем. Основным достоинством приборов логометрического типа является независимость показаний прибора от напряжения источника питания.

Электронные омметры. При построении схем электронных омметров используются два метода: метод стабилизированного тока в цепи делителя и метод преобразование измеряемого параметра в пропорциональное ему напряжение.



а) б)

Рис.4 Схема измерения сопротивлений по методу стабилизированного тока в цепи делителя

На рис.4, а приведена схема измерения сопротивления по методу стабилизированного тока в цепи делителя. Делитель, составленный из известного образцового и измеряемого сопротивлений, питается от источника напряжения . Падение напряжения на образцовом резисторе усиливается усилителем «У» с большим входным сопротивлением. Выходное напряжение усилителя зависит от значения измеряемого сопротивления. В качестве индикатора обычно применяется магнитоэлектрический микроамперметр, шкала которого градуируется в единицах сопротивления. Если усилитель имеет коэффициент усиления К и входное сопротивление , то измеряемое сопротивление будет определяться выражением:

(8)

при получим: . Эта схема применяется при измерении достаточно больших сопротивлений, когда .

Для измерения малых сопротивлений применяется схема, представленная на рис.4, б. Измеряемое сопротивление определяется выражением:

(9)

а при :. Данная схема позволяет измерять сопротивление в диапазоне 10-4÷102 Ом.

Измерение средних и больших (до 1018 Ом) сопротивлений осуществляется с использованием метода преобразования измеряемого параметра в пропорциональное ему напряжение. Такие электронные омметры выполняются на основе усилителя постоянного тока (УПТ) с большим коэффициентом усиления охваченного отрицательной обратной связью рис.5. Напряжение на выходе усилителя равно:

(10)

где k – коэффициент усиления УПТ без обратной связи;

- коэффициент обратной связи.

При большом коэффициенте усиления kβ и выражение (10) имеет вид: .

Как видно из выражения (10) выходное напряжение будет пропорционально значению . Вольтметр можно отградуировать в единицах сопротивления. Шкала такого омметра получается равномерной. Относительная погрешность не превышает обычно ±2,5%. Для расширения пределов измерения используют набор резисторов. В приборах для измерения особо больших сопротивлений — тераомметрах — сопротивление включают на входе УПТ. Как следует из формулы (10), шкала прибора получается обратной. Относительная погрешность возрастает до ±10% при измерении сопротивлений 1012 Ом.

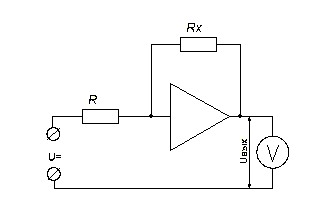


Рис.5 Схема измерений средних и больших сопротивлений

**1.2.3 Мостовой метод**

Мостовая схема может быть представлена в виде четырех последовательно включённых сопротивлений, образующих четырехполюсник (рис. 6), к двум зажимам которого (диагональ питания) подключен источник питания, а к двум другим (измерительная диагональ) — индикатор (указатель равновесия). Ветви, включающие в себя эти сопротивления, называются плечами моста.

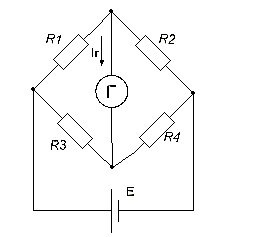


Рис. 6 Схема одинарного четырёхплечного моста постоянного тока

При определенном подборе сопротивлений резисторов создается равновесие (баланс) моста, при котором ток в измерительной диагонали отсутствует ( и стрелочный указатель нуль - индикатора устанавливается на нулевую отметку шкалы. Условием равновесия моста является равенство произведений сопротивлений противоположных плеч

(11)

Если одно из этих сопротивлений является измеряемым , его можно определить из соотношения

(12)

Формула (12) называется рабочей формулой моста. Для определения RX необходимо знать сопротивление плеча R2, называемого плечом сравнения, и отношение сопротивлений плеч R3 и R4, называемых плечами отношения. Таким образом, сопротивление RX измеряется методом сравнения с образцовыми сопротивлениями R2, R3, R4, из которых одно или несколько для обеспечения равновесия должны быть регулируемыми.

Если измеряемая величина определяется при значении тока Iг=0, мост называется уравновешенным. В неуравновешенных мостах постоянного тока измеряемое сопротивление определяется по значению тока гальванометра, проградуированного в единицах сопротивления, т. е. . Причинами погрешностей измерения сопротивлений уравновешенным одинарным четырехплечным мостом являются недостаточно точная подгонка и рехупировка образцовых сопротивлений R2, R3, R4, ограниченная чувствительность гальванометра и мостовой схемы.

Для измерения малых активных сопротивлений (), с целью исключения влияния сопротивлений соединительных проводов применяют двойные мосты (рис. 7). В цепь источника питания входят регулировочное сопротивление Rp, измеряемое малое сопротивление Rx, образцовое сопротивление Rобр, которое выбирают одного порядка с Rx  и сопротивление соединительной шины Rш.

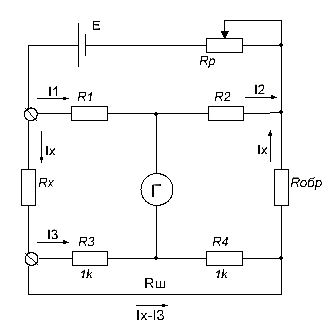


Рис.7 Схема двойного моста постоянного тока

Сопротивления R1, R2, R3, R4,  входящие в измерительную цепь, выбирают достаточно большими (сотни и тысячи Ом). Таким образом, при работе двойного моста в цепи источника питания обеспечивается достаточно большой ток (5—10 А), позволяющий получить заметное падение напряжения на малых сопротивлениях Rx и Rобр , чем обеспечивается требуемая чувствительность схемы. Резисторы Rx и Rобр подключаются в цепь по четырёхзажимной схеме включения: двумя токовыми зажимами присоединяются в цепь источника питания моста, а двумя потенциальными в измерительную цепь, благодаря этому через потенциальные зажимы в высокоомную измерительную цепь будут ответвляться малые токи, создающие малые падения напряжений в соединениях, что заметно снижает их влияние на погрешность измерения.

При равновесии моста ток через указатель равновесия Iг=0 для схемы на рис.7 можно составить следующие уравнения:

При соблюдении равенства:  и достаточно малом сопротивлении Rш рабочая формула двойного моста постоянного тока запишется в следующем виде:

(13)

На практике изготавливаются комбинированные мосты постоянного тока. Общая погрешность измерения одинарного моста при измерении сопротивлений от 50 Ом до 100 кОм—0,05%, и двойного при измерении сопротивлений от 100 Ом до 1 мкОм—0,5-1,5%.

Основными достоинствами мостов постоянного тока являются высокая чувствительность и точность измерений. Для повышения чувствительности равноплечего моста увеличивают напряжение питания и применяют высокочувствительный магнитоэлектрический прибор—гальванометр, показания которого заметны при незначительном изменении сопротивления в одном из плеч моста. Очень малую погрешность измерений (порядка 0,5-0,05% и меньше) получают при высокой точности фиксации состояния равновесия и применении точных и стабильных резисторов и магазинов.

**1.2.4 Метод дискретного счёта**

Такие омметры обладают большим быстродействием и высокой точностью. Упрощённая структурная схема подобного омметра представлена на рис. 8. Принцип действия такого омметра основан на измерении временного интервала, равного постоянной времени цепи разряда образцового конденсатора C0 через измеряемый резистор Rx электронно-счетным методом.

Погрешность измерений методом дискретного счета составляет 0,1 — 0,2% и зависит главным образом от нестабильности сопротивлений резисторов R1, R2,  или конденсатора C0, нестабильности частоты генератора счетных импульсов, а также неточности срабатывания устройства сравнения.

Для уменьшения погрешности дискретности (равной соответственно ) нужно увеличивать частоту следования счетных импульсов  и постоянную времени цени разряда конденсатора (т. е. соответственно C0). Рассмотренный метод измерения имеет высокую точность. Так, например, если при измерении сопротивлений взять C0  = 1000 пФ и Fk= 1 МГц, то при Rx = 1 МОм m будет равно 1000 импульсов и погрешность дискретности составит лишь ±0,1%.

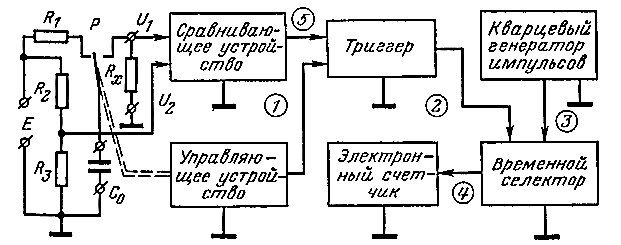


Рис. 8 Структурная схема измерителя сопротивления, реализующая метод дискретного счёта

Перед началом измерения конденсатор C0 контактами реле Р подключается к источнику напряжения Е и полностью заряжается по истечении некоторого времени (рис. 9, 0). При нажатии кнопки «Измерение» управляющее устройство переключает контакты реле Р, благодаря чему начинается разряд конденсатора C0 через резистор Rx. Одновременно с началом разряда конденсатора (момент t0) управляющее устройство выдает импульс (рис. 9, 1), которым триггер переводится в положение 1 (рис. 9, 2). При этом открывается временной селектор и на вход электронного счетчика начинают поступать импульсы для счета (рис. 8-11, диаграммы 3, 4).

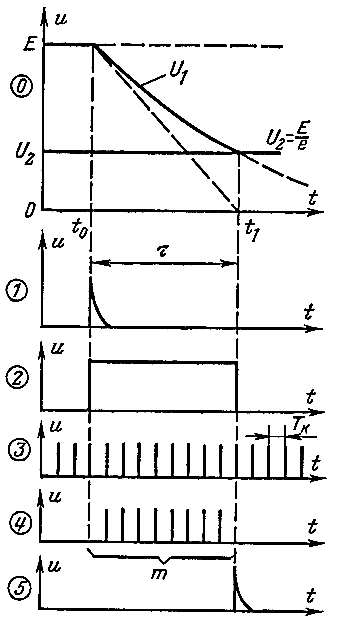


Рис. 9 Временные диаграммы, поясняющие работу схемы, приведённой на рис. 8

На входы сравнивающего устройства подаются: напряжение конденсатора , убывающее с постоянного времени  и напряжение делителя, состоящего из резисторов R2 и R3 (рис. 9 ,0), которое определяется выражением:



В момент t1 напряжение конденсатора Uc станет равным напряжению U2 и сравнивающее устройство выдаст импульс (диаграмма 5), которым триггер переведется в положение 0. Временной селектор закроется. Счет импульсов прекратится (диаграммы 2, 4). За интервал времени счетчик подсчитал m импульсов, следовавших с периодом Тк (рис. 9, 3). Так как при (с погрешностью ±), то

(14)

Для удобства отсчета целесообразно выбирать параметры Tk и C0  таким образом, чтобы выполнялось равенство kR=10n  Ом/имп

где n= 0; ± 1; ± 2; ± 3.

При



Получим или 

Таким образом, напряжение U2 должно иметь определённое значение, что достигается подбором резисторов R3 и R2.

В данном курсовом проекте для измерения сопротивлений я выбрал метод дискретного счёта, потому что этот метод наиболее точный, высокоскоростной (интервал измерения: ) и наиболее подходит для решения поставленной задачи.

**Глава II. Выбор и обоснование схем.**

**2.1 Состав и назначение структурной схемы.**

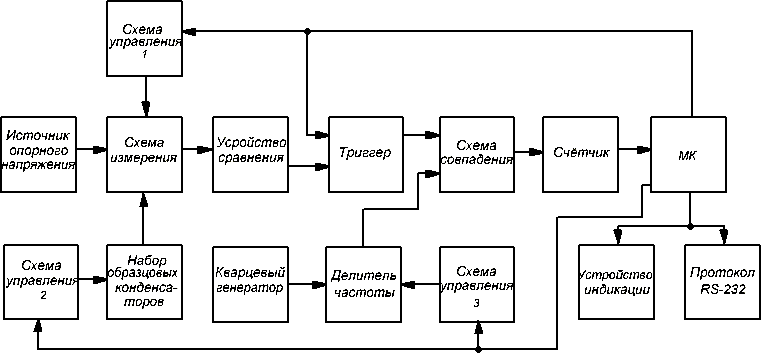


Рис.10 Структурная схема разрабатываемого устройства

Схема устройства будет состоять из следующих структурных блоков:

1. Источник опорного напряжения: обеспечивает повышенную стабильность выходного напряжения.
2. Схема измерения: основана на разряде предварительно заряженной образцовой емкости.
3. Устройство сравнения: сравнение двух входных величин, в данном случае аналоговых и выдачи на выходы сигналов о результате этого сравнения (о равенстве или неравенстве).
4. Триггер: устройство, обладающее возможностью, длительно находится в одном из двух или более устойчивых состояниях, и чередовать их под воздействием внешних воздействий. Триггеры – это логические устройства с памятью. Их выходные сигналы в общем случае зависят от сигналов, приложенных к входам в данный момент времени, но и от сигналов, воздействующих на них ранее.
5. Кварцевый генератор: очень высокая добротность и стабильность.
6. Протокол RS-232: предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные, к оконечной аппаратуре каналов данных. Сигнал (последовательность битов) передается напряжением. Передатчик и приемник являются несимметричными: сигнал передается относительно общего провода. В таблице 1 приведены границы напряжений для сигналов приемника и передатчика. Логическому нулю па входе приемника соответствует диапазон напряжений +3... + 12 В, а логической единице — диапазон –12...–3 В. Диапазон –3...+3 В — зона нечувствительности, обеспечивающая гистерезис приемника (передатчика). Уровни сигнала на выходах должны быть и диапазоне –12... –5 В для представления логической единицы и +5 ... +12 В для представления логического нуля.

Таблица 1

Границы напряжений COM-порта (стандарт RS-232)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Диапазон напряжения входа приёмника, В | Диапазон напряжения выхода передатчика, В | Состояние уравновешивающего сигнала | Состояние линии данных |
| Логический «0» | +3... + 12 | +5 .. +12 | ON | MARX |
| Логическая «1» | –12...–3 | –12.. –5 | OFF | SPACE |

1. Схема совпадения: выходной сигнал должен вырабатываться тогда, когда сигналы на входах совпадают (приходят одновременно). Если совпадения нет, то выходной сигнал должен отсутствовать.
2. Счётчик: считает количество входных импульсов, то есть с приходом каждого нового импульса двоичный код на выходе счётчика увеличивается (или уменьшается) на единицу.
3. Набор образцовых конденсаторов: выбирается конденсатор, соответствующий измеряемому номиналу сопротивления.
4. Устройство индикации: информирует о том, находится измеряемый резистор в необходимом допуске или нет.
5. Делитель частоты: делит частоту кварцевого генератора в зависимости от диапазона контролируемых резисторов.
6. Микроконтроллер: определяет, находится ли измеряемый резистор в допуске или нет; передаёт данные о контролируемом резисторе на ПК; управляет схемами управления; сбрасывает показания счётчиков.
7. Схема управления 1: переключает конденсатор на заряд и разряд.
8. Схема управления 2: переключает конденсаторы в зависимости от номинала контролируемого резистора.
9. Схема управления 3: выбор нужной частоты от делителя в зависимости от диапазона контролируемого резистора.

Алгоритм работы прибора

В основе работы лежит метод дискретного счета. Для измерения и контроля резисторов (RX) используется процесс разряда предварительно заряженной образцовой емкости (C0). В результате, формируемый измерительный интервал определяется постоянной времени: . С изменением номинал RX изменяется τ, а, следовательно, количество импульсов, поступивших на счетчик с эталонного генератора () будет также изменяться, что неудобно для построения систем контроля резисторов, следовательно, чтобы m=const, будем выбирать разные образцовые ёмкости. Заданием ёмкости будем определять номинал контролируемого резистора. С изменением диапазона измерения: 10 Ом—100 Ом; 100 Ом—1кОм и т. д. количество импульсов будет увеличиваться в 10; 100 и т.д. раз. Для того чтобы количество импульсов, поступивших на счётчик было одинаковым, будем использовать делитель частоты кварцевого генератора.

Схема управления 1 подключает к источнику опорного напряжения конденсатор C0, который полностью заряжается за время τ, потом она переключает конденсатор C0 на разряд через резистор Rx. Одновременно с началом разряда конденсатора микроконтроллер переводит триггер в единичное состояние, вместе с этим микроконтроллер сбрасывает показание счетчика, вследствие чего открывается схема совпадения и начинается поступление импульсов с выхода генератора на счетчик. На счётчике с приходом каждого нового входного импульса двоичный код на выходе счётчика увеличивается. Двоичный код от счётчика подаётся на микроконтроллер, который считает количество импульсов. Импульсы будут поступать на счетчики до момента, когда напряжение на емкости C0 станет равным напряжению, снимаемому с делителя R1R2. В этот момент устройство сравнения выдает сигнал, который переводит триггер в нулевое состояние, вследствие чего схема совпадения блокирует прохождение импульсов с генератора на счетчик. Если количество импульсов, поступивших на счётчик, превышает 255, то он выдаёт сигнал переполнения, который фиксируется микроконтроллером, и он включает делитель частоты. Схема управления 2 будет подключать образцовую ёмкость в зависимости от номинала контролируемого резистора, а схема управления 3 будет подключать делитель частоты кварцевого генератора в зависимости от диапазона контролируемого резистора.

**2.2 Разработка и расчёт функциональной схемы**

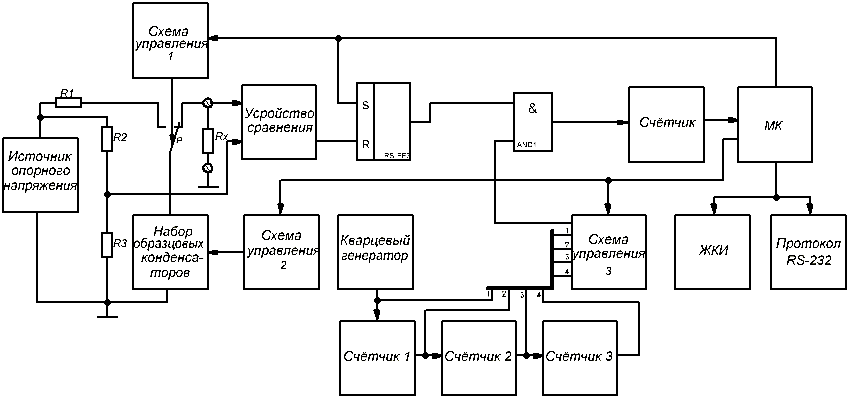


Рис. 11 Функциональная схема разрабатываемого устройства

Зададим количество импульсов m=160, тогда погрешность на дискретизацию будет

Зададим частоту кварцевого генератора Fk=80МГц.

Рассчитаем необходимые образцовые ёмкости для каждого номинала контролируемого резистора все данные сведем в таблицу 2.

Таблица 2

Значение образцовой ёмкости для разных номиналов сопротивлений

|  |  |
| --- | --- |
| , Ом | , Ф |
| 10 | 2 |
| 11 | 1,8180 |
| 12 | 1,6660 |
| 13 | 1,5380 |
| 15 | 1,3330 |
| 16 | 1,25 |
| 18 | 1,1110 |
| 20 | 1 |
| 22 | 9,090 |
| 24 | 8,3330 |
| 27 | 7,4070 |
| 30 | 6,6670 |
| 33 | 6,060 |
| 36 | 5,5570 |
| 39 | 5,1270 |
| 43 | 4,650 |
| 47 | 4,2570 |
| 51,1 | 3,9130 |
| 56 | 3,5710 |
| 62 | 3,2270 |
| 68 | 2,9410 |
| 75 | 2,6670 |
| 82 | 2,4390 |
| 91 | 2,1980 |

При изменении диапазона контролируемого резистора будем делить частоту кварцевого генератора (таблица 3).

Таблица 3

Значение частоты для разных диапазонов контролируемых сопротивлений

|  |  |
| --- | --- |
| Диапазон измеряемого сопротивления | Частота кварцевого ген-ра, Fk |
| 10 Ом ÷ 91 Ом |  |
| 100 Ом ÷ 910 Ом |  |
| 1 кОм ÷ 9,1 кОм |  |
| 10 кОм ÷ 91 кОм |  |

**Глава III. Конструкторская часть**

**3.1. Выбор материала печатной платы**

Электрической платой называют плоскую пластину из изоляционного материала для установки и электрического соединения радиоэлементов какого-либо радиоэлектронного или электротехнического устройства. Наибольшую популярность среди всех видов плат получила печатная плата. Печатная плата представляет собой пластину из гетинакса или текстолита с металлизированной поверхностью, на которой каким-либо способом (например, фотохимическим) создаются тонкие электропроводящие проводники для соединения устанавливаемых на плате радиоэлектронных компонентов [25].

Распространенность печатных плат можно объяснить тем, что они обладают рядом достоинств и не имеют ярко выраженных недостатков. Основные достоинства печатных плат:

1. Увеличение плотности монтажа и возможность микроминиатюризации изделий.
2. Гарантированная стабильность электрических характеристик.
3. Повышенная стойкость к климатическим и механическим воздействиям.
4. Унификация и стандартизация конструктивных изделий.
5. Возможность комплексной автоматизации монтажно-сборочных работ.

Все печатные платы делятся на следующие классы:

* Односторонние печатные платы – тип платы, на которой токопроводящие дорожки располагаются с одной стороны текстолита. Характеризуется высокой точностью выполняемого рисунка.
* Двухсторонняя печатная плата – плата, на которой дорожки располагается с двух сторон. Двухсторонние печатные платы на металлическом основании часто используются в мощных устройствах.
* Многослойная печатная плата состоит из чередующихся изоляционных слоев с проводящими дорожками. Между слоями могут быть или отсутствовать межслойные соединения. Достоинства многослойных печатных плат – уменьшение размеров и увеличение плотности монтажа, однако существуют и недостатки – изготовить многослойную печатную плату намного сложнее, чем однослойную.
* Гибкая печатная плата имеет гибкое основание, и характеристики, аналогичные двухсторонней печатной плате.
* Проводная печатная плата - сочетание ДПП с проводным монтажом из изолированных проводов.

Материалы для изготовления печатных плат используют стеклотекстолит и гетенакс. На сегодняшний день гетенакс практически не используется в производстве печатных плат. Поэтому для данного проекта будет использоваться стеклотекстолит.

Стеклотекстолит представляет из себя листовой композиционный слоистый пластик, изготовленный на основе стеклянной ткани и полимерного связующего и предназначен для использования в качестве конструкционного, электроизоляционного или поделочного материала в электротехнике и радиотехнике, машиностроении, самолетостроении, судостроении и других отраслях [26].

Стеклотекстолит обладает высокой механической прочностью, стойкостью к истиранию, низким водопоглощением, высокой химической стойкостью, отличными диэлектрическими характеристиками и долговечностью. Стеклотекстолит превосходит текстолит по механическим свойствам, теплостойкости, стойкости к действию агрессивных сред и практически не ухудшает своих свойств при эксплуатации на воздухе в течении 20 лет и более [26].

Из возможных вариантов стеклотестолита выберем – стеклотекстолит, фольгированный СФ-2-35Г-2 ГОСТ 10316-78, толщина материала 2 мм, толщина фольги 35 мкм. Хороший диэлектрик, стоек к действию слабых кислот и щелочей, имеет низкий коэффициент трения (0,02 со смазкой и 0,32 без смазки), небольшую плотность (1,3 - 1,4 см), легко поддается механической обработке (фрезерование, распиловка, сверление, штамповка, шлифование, строгание). Текстолит сохраняет все свои эксплуатационные свойства при температуре от -40 до +105ºС. Кроме всего прочего, текстолит прост в механической обработке и поддается сверлению, фрезерованию, штамповке или шлифованию на любых токарных, сверлильных и других металлорежущих станках.

Материал был выбран с учетом его малой стоимости и обеспечения качественного проводящего рисунка. На плате будут нанесены элементы поверхностного монтажа и выводные элементы.

Часть маркировки (или целиком) может быть реализована по технологии печатных проводников (как правило, травлением). Для маркировок необходимо выбирать шрифт, близкий по начертанию к стандартному (ГОСТ 26.020-80). Цвет маркировки краской задается конструктором в соответствии с оттенком фона (подложки). В большинстве случаев предпочтение отдается белой краске. Подходящими для этой цели являются такие краски, как ПФ-115, ЭП-572, USM-2 и некоторые другие.

В качестве материала для корпуса прибора выбрана пластмасса. Пластическими массами (пластмассами) обычно называют неметаллические материалы, перерабатываемые в изделия методами пластической деформации (прессование, экструзия, литье под давлением и т.д.), обладающие пластическими свойствами в условиях переработки и не обладающие этими свойствами в условиях эксплуатации. Таким образом, при обычных температурах пластмассы представляют собой твердые, упругие тела. Значение пластмасс в современной жизни трудно переоценить. Высокая прочность, устойчивость к износу и долговечность делают их одним из самых современных и распространенных материалов в некоторых отраслях промышленности. Например, в приборостроении - являются ценным конструкционным и электротехническим материалом. Они легкие, хорошо противостоят коррозии, имеют низкий коэффициент трения, обладают повышенной износостойкостью, хорошими оптическими и изоляционными свойствами.

**3.2 Расчет схемы и выбор элементов**

**3.2.1 Определение параметров проектируемого устройства**

Установим параметры устройства для которого проектируется схема и плата.

* Электрические параметры: шкала номиналов – 5% 
* Метрологические характеристики: погрешность не более 2%
* Диапазон контролируемых сопротивлений: 10 ÷100 кОм
* Условия эксплуатации: нормальные

Произведём описание и расчёт всех структурных элементов схемы.

Проектирование узлов схемы выполнены с применением программного пакета программы P-CAD.

**3.2.2 Источник опорного напряжения**

В качестве источника опорного напряжения выберем микросхему К142ЕН6А, которая обеспечивает стабильное напряжение до ±15 ± 0,3 В. Её характеристики указаны в таблице 4.

Таблица 4

Характеристики К142ЕН6А

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uвх max, В | Uвыхmax, В | Uпд, В | Iвых max, А | Iпот, мА | КнU, %/В | КнI, % |
| ±30 | ±15 | 2,2/2,5 | 0,2 | 7,5 | 0,0015 | 0,2 |

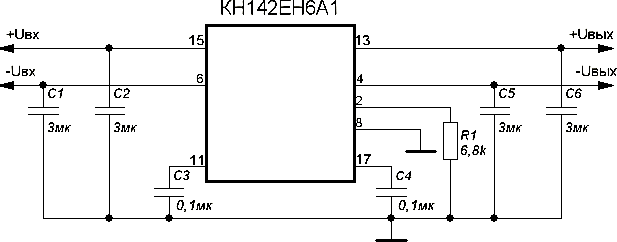


Рис. 12 Схема включения К142ЕН6А до получения стабилизированного напряжения ±9 В (программа P-CAD)

**3.2.3 Схема измерения**

Для того чтобы интервал измерения был , должно выполняться равенство

Выберем резистор

R2=1000 Ом, тогда

Вычислим минимальный измерительный интервал

, при Ф и Rx=10 Ом

 с

Так как С0 заряжается за интервал времени равный

где и

где имеем

Вычислим мощности, которые рассеиваются на резисторах R1, R2, R3. 

следовательно

Переключение образцовых ёмкостей на заряд и разряд будет происходить с помощью быстродействующего двухканального мультиплексора MAX301 фирмы MAXIM рис. 13, его характеристики указаны в таблице 5, назначение выводов в таблице 6.

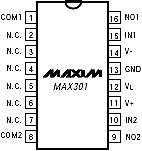


Рис. 13 Мультиплексор MAX301(программа P-CAD)

Таблица 5

Характеристики мультиплексора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сопротивление открытого канала, Ом | Питание, В | Рпот, мкВт |
| ≤ 20 | ±4,5…20 | 35 |

Таблица 6

Назначение входов мультиплексора

|  |  |
| --- | --- |
| Номер | Назначение |
| 1, 8 | Выход |
| 2 – 7 | Не используется |
| 9, 16 | Вход |
| 10, 15 | Логические входы |

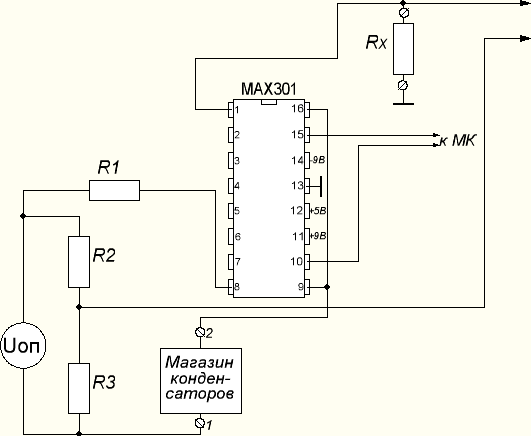


Рис.14 Подключение (программа P-CAD)

С изменением номинала контролируемого резистора будем включать соответствующие ёмкости с помощью мультиплексора. Для переключения ёмкостей нам нужен 24-канальный мультиплексор. Объединим 8-канальный с 16-канальным с помощью инвертора на входах разрешения и элемента 2И-НЕ для смешивания входных сигналов рис. 15.

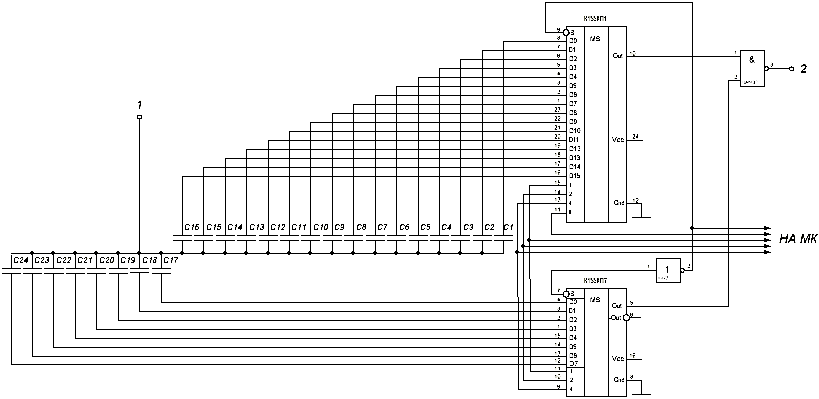


Рис. 15 Объединение мультиплексоров (программа P-CAD)

Таблица 7

Характеристики

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Рпот, мВт | tзад1/0, нс | tзад0/1, нс | Питание, В |
| К155КП1 | 340 | 35 | 33 | +5 |
| К155КП7 | 260 | 20 | 14 | +5 |

Таблица 8

Назначение выводов

|  |  |
| --- | --- |
| D0—D15 | Аналоговые входы |
| Out | Аналоговый выход |
| Vcc | Напряжение питания |
| 1, 2, 4, 8 | Адрес (выбор соединения) |
| S | Вход стробирования |

**3.2.4 Компаратор**

При выборе компаратора необходимо учитывать напряжение смещения Eсм, разность входных токов Δi, коэффициент внутреннего усиления Кu.

Основными источниками погрешностей компаратора являются: напряжение смещения Eсм, и время задержки.

Выберем компаратор К521СА4 рис. 16. Назначение выводов и характеристики указаны в таблице 9 и 10.

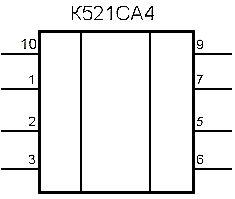


Рис. 16 Компаратор К521СА4 (программа P-CAD)

Таблица 9

Назначения выводов К521СА4

|  |  |
| --- | --- |
| Номер вывода | Назначение |
| 1 | Вход 1 |
| 2 | Вход 2 |
| 3 | -9В |
| 5 | Выход 2 |
| 6 | Земля |
| 7 | Выход 1 |
| 9 | +5В |
| 10 | +9В |

Таблица 10

Характеристики К521СА4

|  |  |
| --- | --- |
| Ток потребления Iпот, мА:  от положительного источника питания  от отрицательного источника питания | 18,7  7,5 |
| Напряжение смещения нуля Uсм, мВ | 4,0 |
| Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений Кос сф, дБ | - |
| Средний входной ток Iвх, мкА | 2,0 |
| Напряжение «1» U1вых, В | 2,5…4,5 |
| Напряжение «0» U0вых, В | 0,5…0 |
| Время задержки включения tзд, нс | 26 |

**3.2.5 Триггер**

В качестве RS триггера выбираем К155ТМ2, который является D триггером рис. 17. Его характеристики и назначение выводов указаны в таблице 11 и таблице 12.

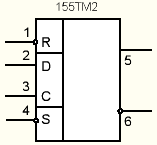


Рис. 17 RS-триггер К155ТМ2 (программа P-CAD)

Таблица 11

Характеристики К155ТМ2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рпот, мВт | tзад1/0, нс | tзад0/1, нс | Питание |
| 157,5 | 25 | 40 | +5В |

Таблица 12

Назначение выводов К155ТМ2

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Вход сброса |
| 2 | Информационный вход (вход данных) |
| 3 | Тактовый вход |
| 4 | Вход установки |
| 5 | Прямой выход |
| 6 | Инверсный выход |

При подаче логического 0 на S вход на выходе триггера (5) появляется логическая единица, при этом на входе R должна присутствовать логическая единица. Чтобы возвратить триггер в исходное состояние на вход R подается логический 0, при этом на входе S должна присутствовать логическая единица.

**3.2.6 Схема совпадения**

В качестве схемы совпадения выберем логический элемент «И»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | | Вход 1 | Вход 2 | Выход | | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | 1 | 1 |   Таблица истинности элемента «И» |

**3.2.7 Делитель частоты**

Для построения делителя частоты возьмём за основу двоичный асинхронный счётчик типа К155ИЕ5 рис. 18. Его характеристики указаны в таблице 13.

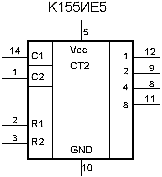


Рис. 18 Двоичный асинхронный счетчик К155ИЕ5 (программа P-CAD)

Таблица 13

Характеристики К155ИЕ5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рпот, мВт | tзад, нс | Питание |
| 265 | 135 | +5В |

Чтобы получить из счётчика делитель частоты на 10 нужно соединить выводы: С2 С1, R2 с 8, R1 c 2. С1 – вход, 4 – выход. Для деления частоты на 1000 нужно последовательно соединить 3 счётчика. Для выбора необходимой частоты используется мультиплексор. Выберем мультиплексор MAX313 фирмы MAXIM.

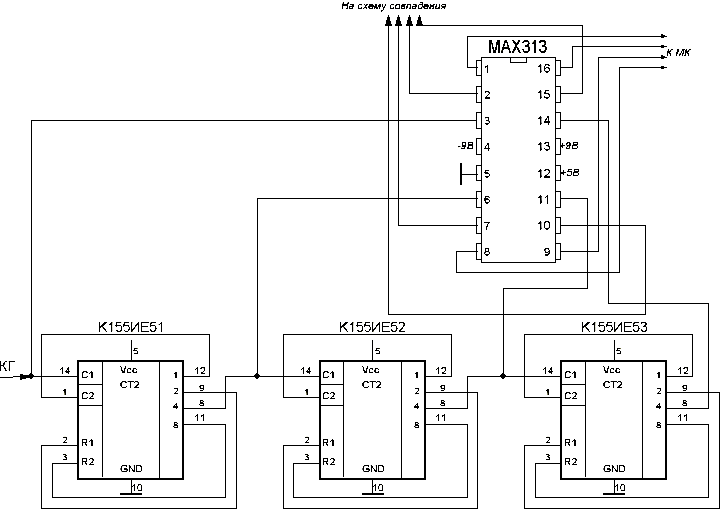


Рис. 19 Делитель частоты (программа P-CAD)

**3.2.8 ЖК-дисплей**

Алфавитно-цифровые ЖК-модули представляют собой недорогое и удобное решение, позволяющее сэкономить время и ресурсы при разработке новых изделий, при этом обеспечивают отображение большого объема информации при хорошей различимости и низком энергопотреблении. Возможность оснащения ЖК-модулей задней подсветкой позволяет эксплуатировать их в условиях с пониженной или нулевой освещенностью, а исполнение с расширенным диапазоном температур (-20°С.…+70°С) в сложных эксплуатационных условиях, в том числе в переносной, полевой и даже, иногда, в бортовой аппаратуре.

Для проекта был выбран жидкокристаллический индикатор DV16100 от Data Vision на основе контроллера типа HD44780 фирмы Hitachi рис. 20. Этот индикатор представляет собой печатную плату, на которую смонтирован ЖК-дисплей, контроллер и необходимые электронные компоненты.



Рис. 20 Индикатор DV16100 от Data Vision на основе контроллера типа HD44780 фирмы

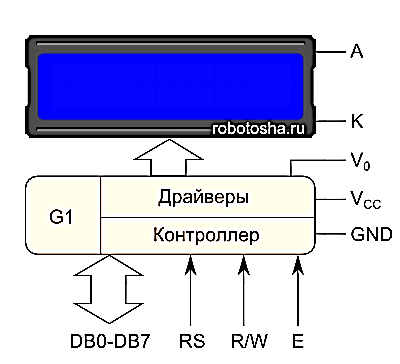


Рис. 21Упрощённая схема ЖКИ

Рассматриваемые индикаторы на основе HD44780 позволяют использовать различные режимы ввода в них информации и её просмотра. Они формируют изображение не только цифр, но и букв латинского и русского алфавита. У данного индикатора есть 14 выводов, их назначение указано в таблице 14.

Таблица 14

Назначение выводов Индикатора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вывод | Обозначение | Назначение |
| 1 | GND | «Земля» |
| 2 | Vcc | Положительное напряжение питания |
| 3 | Contrast | Регулировка контрастности |
| 4 | R/S | Команда/Выбор регистра |
| 5 | R/W | Чтение/Запись |
| 6 | E | Тактовые импульсы |
| 7 – 14 | Data | Данные |

Запись информации происходит в параллельном коде по фронту тактовых импульсов E.

Для проектируемого устройства не требуется считывать данные с дисплея, поэтому на бит R/S можно подать потенциал «земли». Программное приложение просто ожидает в течение некоторого интервала времени, длительность которого гарантирует завершения очередной команды (4,1 мс – команды стирания, перевод дисплея (курсора) в исходное состояние и 160 мкс – все остальные команды).

DV16100 – однострочный индикатор, отображающий в строке 16 символов. Внутри индикатора есть 80 ячеек памяти. При помощи команд, мы можем в любую из этих ячеек занести любое 8-битное число. Каждому числу однозначно соответствует один символ.

Подающееся на дисплей напряжение управления контрастом обычно регулируется с помощью потенциометра, который выполняет функцию делителя напряжения. Изменяя положение движка резистора можно задать любое напряжение от 0 до Vcc.

Для работы с дисплеем будем работать в режиме 4 линий данных (DB4-DB7). Для инициализации 4-разрядного режима необходимо:

1. Ждать не менее 15 мс после включения питания.
2. Записать в ЖКИ команду 0x03 и ждать 5 мс, пока она не выполнится.
3. Опять записать в ЖКИ команду 0x03 и ждать 160 мкс.
4. В третий раз подать команду 0x03 и ждать 160 мкс (или пока не сбросится флаг занятости).
5. Установить режимы:

* подать команду 0x02 для установки курсора в начальную позицию;
* подать команду 0x028 для выбора 4-битного режима, после чего все последующие команды и данные будут передаваться в два приема;
* установить число строк и размер символов;
* подать команду 0x00/0x08 (то есть команду 0x008), чтобы выключить экран;
* подать команду 0x00/0x01 (то есть команду 0x001), чтобы стереть изображение па экране;
* установить направление смешения курсора/экрана;
* подать команду включения экрана и, если необходимо, курсора.

Для упрощения схемы включения ЖК-индикаторов используем сдвиговый регистр, который преобразует входную последовательную информацию в выходную параллельную. Возьмём сдвиговый регистр типа КМ555ИР8: запись и сдвиг информации совершаются под действием положительного фронта тактового импульса на входе С, на входе обнуления R в этом режиме устанавливается уровень логической «1», а информацию подают на любой из входов D1, D2, причём на свободном входе фиксируется уровень логической «1»; асинхронное обнуление регистра производят подачей уровня логического «0» на вход R. С помощью сдвигового регистра количество подключаемых выводов можно уменьшить до двух. Характеристики регистра КМ555ИР8 указаны в таблице 15. Схема для двухпроводного интерфейса показана на рис. 21.

Таблица 15

Характеристики регистра КМ555ИР8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рпот, мВт | tзад, нс | Питание |
| 135 | 32 | +5В |

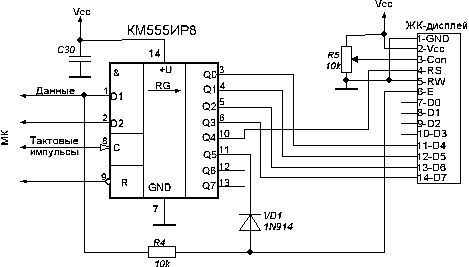


Рис. 22 Схема для двухпроводного интерфейса (программа P-CAD)

Здесь последовательно передаваемые данные комбинируются с содержимым сдвигового регистра для формирования синхронизирующего импульса Е на соответствующем временном интервале. Проводное «И», которое реализуется с помощью резистора (1 кОм) и диода 1N914 и объединяет линию входных данных с выходом 6 D-триггера буферного регистра КМ555ИР8. Буферный регистр КМ555ИР8 сконфигурирован по схеме сдвигового регистра, осуществляющего последовательно-параллельное преобразование данных. Перед выполнением операции записи данных регистр обнуляется. В дальнейшем производится запись логической «1» (для формирования сигнала управления Е), после чего инициируется передача бита R/S и четырех бит данных. После заполнения регистра на линии данных формируется синхронизирующий импульс Е.

**3.2.9 Счётчик**

Для разработки счётчика будем использовать синхронный счётчик с асинхронным переносом типа ИЕ7. Выберем К155ИЕ7 рис. 23. Его характеристики и назначение выводов указаны в таблицах 16 и 17.

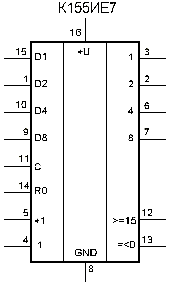


Рис. 23 К155ИЕ7

Таблица 16

Характеристики К155ИЕ7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рпот, мВт | tзад, нс | Питание |
| 510 | 24 | +5В |

Таблица 17

Таблица выводов

|  |  |
| --- | --- |
| 15, 1, 10, 9 | Информационные входы |
| 11 | Вход предварительной записи |
| 5 | Прямой счет |
| 4 | Обратный счет |
| 3, 2, 6, 7 | Выходы соответствующих разрядов |
| 12 | Выход “прямой перенос” |
| 14 | Вход установки 0 |
| 13 | Выход “обратный перенос” |
| 16 | Питание |
| 8 | Общий |

Так как количество импульсов равно 160, то объединим два четырёхразрядных счётчика. Так как нас интересуют все выходные разряды одновременно, нужно обеспечить, чтобы за период входных импульсов переключались все микросхемы счётчиков. Для этого подсоединим выходной параллельный регистр, срабатывающий по фронту рис. 25. Код на выходе регистра будет удерживаться в течение всего периода входных импульсов. Берём регистр КР1533ИР27 рис. 24 его характеристики указаны в таблице 18.

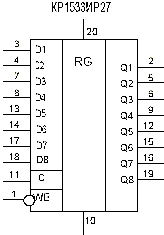


Рис. 23 Регистр КР1533ИР27

Таблица 18

Характеристики Регистр КР1533ИР27

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рпот, мВт | tзад max, нс | Питание |
| 145 | 15 | +5В |

Информационные входы использовать не будем. Вход установки 0 (R) предназначен для установки счетчика в код “0000”, когда на этот вход подан высокий логический уровень.

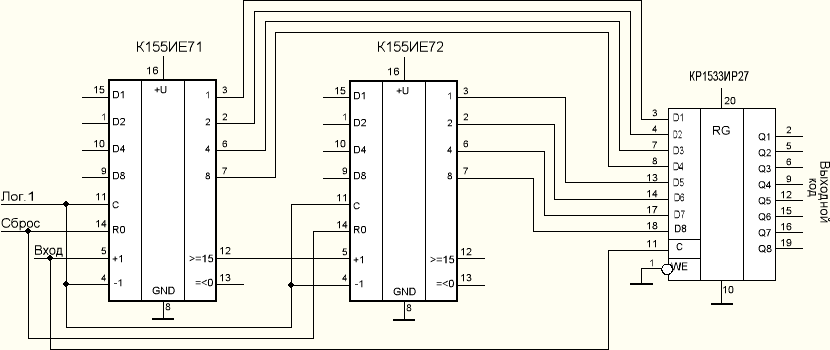


Рис. 24 Счётчик для подсчёта входных импульсов (программа P-CAD)

**3.2.10 Протокол RS-232**

Этот интерфейс получил широкое распространение: он достаточно надёжен и прост в реализации. В большинстве микроконтроллеров есть встроенные средства, обеспечивающие связь с другими устройствами на основе данного интерфейса. Обычно применяется протокол 8-N-1 – 8-разрядные данные, без бита чётности, один стоповый бит. Проверка на чётность не проводится, так как современные компьютеры позволяют осуществить достаточно надёжную передачу данных на разумных скоростях. Согласно стандарту, на интерфейс RS-232, по исполняемым функциям различают два типа оборудования: оконечное оборудование обработки данных (модем) (DTE) и оборудование передачи данных (DCE).

Возникает необходимость использования дополнительных аппаратных средств, с помощью которых на передающей стороне уровни сигналов, вырабатываемые в микроконтроллере, переводятся в уровни интерфейса, а на приёмной стороне осуществляется обратное преобразование.



DB-25 DB-9

Рис. 26 Разъемы

Таблица 19

Стандартные разъёмы для подключения внешних устройств

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Имя вывода | (DB-25) | (DB-9) | Направление |
| TxD | 2 | 3 | Вход |
| RxD | 3 | 2 | Выход |
| GND | 7 | 5 |  |
| RTS (запрос на пересылку) | 4 | 7 | Выход |
| CTS (инициирование пересылки) | 5 | 8 | Вход |
| DTR (готовность терминала) | 20 | 4 | Выход |
| DSR (готовность модема) | 6 | 6 | Вход |
| Ri (индикация сигнала вызова) | 22 | 9 | Вход |
| DCD (обнар. сигнала несущей) | 8 | 1 | Вход |

**3.2.11 Контакты разъёмов последовательного порта**

Линии RTS и CTS используются обычно для управления потоками данных, передаваемых между DCE и DTE. После подготовки DCE к передаче данных он активизирует линию RTS. Если оконечное устройство (DTE) готово к приему данных, оно формирует сигнал CTS. Если компьютер не в состоянии принять данные, сигнал па линии RTS выдаваться не будет, тем самым соответствующее устройство уведомляется о невозможности приема компьютером дополнительной информации.

Линии «готовность терминала» (DTR) и «готовность модема» (DSR) обычно применяются для подготовки сеанса передачи данных. В случае готовности к взаимодействию с оконечным устройством (DTE) компьютер выдает в линию DTR соответствующий сигнал (сообщение). Если оконечное устройство может принять данные, оно формирует сигнал в линии DSR для уведомления компьютера о готовности к сеансу передачи данных. При возникновении каких-либо ошибок, связанных с аппаратными средствами, это устройство отменяет сообщение в линии DSR для уведомления компьютера о возникших проблемах. Аналогичным образом при исчезновении сигнала несущей модемы отменят сообщение DSR.

В линии «обнаружение сигнала несущей» (DCD) сообщение формируется, когда модемом установлена связь с другим устройством (модемом). С помощью линии «индикация сигнала вызова» (RI) компьютер информируется о генерации сигналов вызова.

Устройство передачи (DCE) И оконечное устройство (DTE) всегда связаны общим («земляным») проводом. Эта линия оказывается весьма критичной для интерфейса RS-232, от нее зависит работа входных преобразователей уровней, с помощью которых определяются реальные логические уровни входных напряжений линий. Общий провод этого интерфейса ни при каких обстоятельствах не должен соединяться с корпусом устройства, чтобы избежать протекания значительных токов, которые приводят к смещению напряжений и препятствуют правильному считыванию поступающих данных. В большинстве современных устройств линии подтверждения не используются. Сейчас в большинстве случаях достаточно трёх линий, показанных на рис. 27.

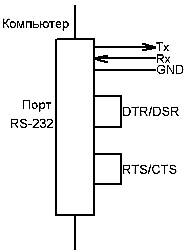


Рис. 27 Передача информации по трём линиям

Проверка того, что коммуникационный кабель вставлен в разъём, и имитация сигналов подтверждения обеспечиваются простым замыканием двух пар линий: DTR (готовность DTE к работе) и DSR (готовность DCE к работе), а также RTS (запрос на передачу) и CTS (готовность DCE к приёму данных). Лини DCD (несущая обнаружена) и Ri (индикатор вызова) при этом не используются. Так как линии запроса/подтверждения соединены, то сигналы подтверждения к готовности приёму данных вырабатываются автоматически, простым дублированием сигналов запроса. Для реализации интерфейса RS-232 удобней всего использовать 9-контактный разъём и стандартный кабель.

Для преобразования логических уровней в уровни интерфейса RS-232 возьмём микросхему MAX232A фирмы MAXIM рис. 28.

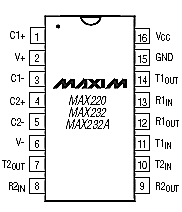


Рис. 28 Микросхема MAX232A

Эта микросхема имеет встроенный преобразователь для формирования напряжения ±12В и идеально подходит для реализации трёхпроводной последовательной передачи данных. Сигнальная «земля» в данном случае совпадает с «землёй» источника питания микросхемы. В микроконтроллере для этой схемы должен быть встроенный приёмопередатчик USART.

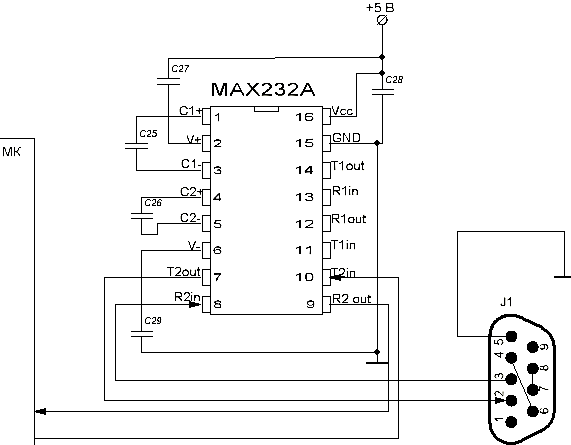


Рис. 29 Подключение микроконтроллера к последовательному порту персонального компьютера (программа P-CAD)

Здесь C25=C26=C27=C28=C29=0.1 мкФ.

**3.2.12 Кварцевый генератор**

Для проекта в выпускной квалификационной работе был выбран кварцевый генератор KXO-97T 80.0 МГц фирмы Geyer Electronic, его характеристики указаны в таблице 20. Эта фирма выпускает кварцевые генераторы для тактирования цифровых схем. Кварцевый генератор – это кварцевый резонатор и схема автогенератора в одном корпусе размером 7,0/5,08/1,8 мм рис. 30.

http://z.compel.ru/legacy/cj.www/images/articles/126/KXO-97.gif 

Рис. 30 кварцевый генератор KXO-97T

Таблица 20

Характеристики KXO-97T

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, МГц | Питание, В | Потребляемый ток, мА | Температурная стабильность |
| 80 | 5,0±5% | 15…40 | -20…700С |

**3.2.13 Микроконтроллер**

Для проекта устройства был выбран микроконтроллер PIC16С64 фирмы Microchip Technology рис. 31, назначение выводов указаны в таблице 21. Эти микроконтроллеры отличаются низкой ценой, низким энергопотреблением и высокой скоростью. Микроконтроллеры имеют встроенное ЭППЗУ программы, ОЗУ данных и выпускаются в 18, 28 и 40 выводных корпусах. Этот микроконтроллер относится к среднему подсемейству, 14-разрядное процессорное ядро, интерфейсы USART, SPI, PSP.

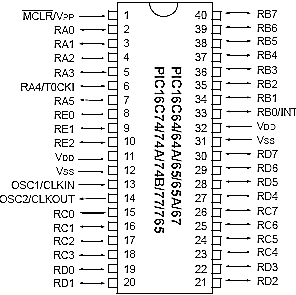


Рис. 31 Микроконтроллер PIC16С64 (программа P-CAD)

Микроконтроллеры семейства PIC имеют очень эффективную систему команд, состоящую всего из 35 инструкций. Все инструкции выполняются за один цикл, за исключением условных переходов и команд, изменяющих программный счетчик, которые выполняются за 2 цикла. Один цикл выполнения инструкции состоит из 4 периодов тактовой частоты. Таким образом, при частоте 4 МГц, время выполнения инструкции составляет 1 мксек. Каждая инструкция состоит из 14 бит, делящихся на код операции и операнд (возможна манипуляция с регистрами, ячейками памяти и непосредственными данными).

Высокая скорость выполнения команд в PIC достигается за счет использования двухшинной Гарвардской архитектуры вместо традиционной одношинной Фон - Неймановской. Гарвардская архитектура основывается на наборе регистров с разделенными шинами и адресным пространством для команд и для данных. Набор регистров означает, что все программные объекты, такие как порты ввода/вывода, ячейки памяти, представляют собой физически реализованные аппаратные регистры.

Таблица 21

Набор регистров

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| RA0 – RA5 | Порт A | 8 – битный квазидвунаправленный порт ввода/вывода |
| RB0 – RB7 | Порт B |
| RC0 – RC7 | Порт C |
| RD0 – RD7 | Порт D |
| RE0 – RE2 | Порт E |
| MCLR | Сброс | Низкий уровень на этом входе генерирует сигнал сброса для контроллеров PIC16C6X. Нарастание питающего напряжения включает встроенную выдержку на запуск генератора, которая удерживает кристалл в режиме сброса около 18 мс. Этот вход должен быть напрямую, или через резистор, подключен к Vdd. |
| OSC1/CLKIN | Генератор (вход) | Для типов "XT","HS","LP": вход для (вход) кварцевого или керамического резонатора, или вход внешней тактовой частоты. Для типа "RC": точка подключения внешней RC цепочки. |
| OSC2/CLKOUT | Генератор (выход) | Для типов "XT","HS","LP": выход кварцевого или керамического резонатора. Нельзя подключать любую другую нагрузку к этому выходу. Оставляется свободным, если используется внешний тактовый генератор. Для типа "RC": на этом выходе присутствует сигнал "CLKOUT", его частота составляет 1/4 Fosc1. |
| Vdd | Напряжение питания |  |
| Vss | Общий (земля) |  |

На основе выше изложенного составим принципиальную схему системы контроля резисторов, выбрав из стандартных рядов номиналы и тип всех используемых в схеме элементов.

**3.3 Выбор элементной базы**

|  |  |
| --- | --- |
| Обозначение | Наименование |
| Диоды | |
| VD1 | КД521 |
| Конденсаторы | |
| C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24 | К71-7 ± 0,5% |
| C27, C28, C31, C32, C33, С34, С35, С36, С37, С38, С39 | К10-34 ± 5% |
| С25, С26, С29, С30 | К10-50 ± 20% |
| Резисторы | |
| R2, R3 | С2-29В–0,062 ± 0,1% |
| R1 | С2-14–0,25 ± 0,1% |
| R4, R5, R6, R7,R9,R10 | C2-33Н ± 5% |
| R8 | РП1-61А ± 15% |
| Микросхемы | |
| D1 | MAX301 |
| D2 | К521СА4 |
| D3 | К155ТМ2 |
| D4 | K155ЛИ5 |
| D5 | K155KП1 |
| D6 | K155KП7 |
| D7 | K555ЛН1 |
| D8 | КХО 80,0 MHz |
| D9 | К155ЛА13 |
| D10, D11, D12 | K155ИЕ5 |
| D13 | КМ555ИР8 |
| D14 | DV16100 |
| D15, D16 | K155ИЕ7 |
| D17 | MAX313 |
| D18 | КР1533ИР27 |
| D19 | MAX232 |
| D20 | PIC16C64 |
| A1 | КН142ЕН6А |
| Кварцевый резонатор | |
| ZQ1 | Murata Erie CSA4.00MG |

**3.4 Расчёт погрешностей**

Основная погрешность данной схемы будет определяться отклонением числа импульсов пришедших на счетчик от заданного значения m=160. Количество импульсов пришедших на счетчик будет определятся отклонением образцовых емкостей C0 от номинала, нестабильностью характеристик компаратора и кварцевого генератора импульсов. Расчет будем производить, считая Rx образцовым и равным 10 Ом. Номиналы конденсаторов и резисторов в соответствии с принципиальной схемой выберем из ряда Е198.

**3.4.1 Погрешность дискретизации.**

**3.4.2 Погрешность образцовых емкостей**

Отклонение от номинала составляет ±0,25%.

M=160 при C0=0,2 мкФ

Рассмотрим два предельных случая:





**3.4.3 Погрешность компаратора**

Основными источниками погрешностей компаратора являются: напряжение смещения Eсм, и время запаздывания.

Напряжение, идущее с делителя на компаратор, в момент сравнения равняется

Рассчитаем погрешность смещения нуля компаратора. Рассмотрим два случая:

1. В результате смещения нуля напряжение сравнения будет равняться

Количество импульсов будет равняться

1. В результате смещения нуля напряжение сравнения будет равняться



Количество импульсов будет равняться



Рассчитаем погрешность времени задержки компаратора. Время задержки

с

Минимальный измерительный интервал

с

С учетом времени задержки процесс измерения будет длиться:



Количество поступивших импульсов за время будет равняться:

Погрешностью кварцевого генератора можно пренебречь, так как он является высокостабильным и имеет очень малую погрешность при нормальных условиях эксплуатации.

Погрешностью из-за нестабильности сопротивлений R2 и R3 так же можно пренебречь, так как она .

Полную погрешность прибора рассчитаем, как среднеквадратичное отклонение:

1,51%<2%

Следовательно, условие технического задания выполнено.

**3.5 Расчёт размера печатной платы**

Чтобы определить размеры печатной платы. Рассчитаем среднюю площадь, которую будут занимать элементы схемы:

Микроконтроллер (PIC16C64) – 7,80 мм2.

Компаратор (К521СА4) – 1,60 мм2.

Источник опорного напряжения (К142ЕН6А) – 9,6 мм2.

Кварцевый генератор (КХО-97Т 80,0 MHz) – 37 мм2.

Микросхемы: MAX301, MAX313, MAX232, 2×К155ИЕ7, К155КП7, –6×120=7,20 мм2.

Микросхемы: К155ЛН1, К155ЛА3, К155ТМ2, К155ЛИ5, КМ555ИР8, 3×К155ИЕ5 – 8×100=80,0 мм2.

Микросхемы: КР1533ИР27, К155КП1 – 2×110=22 мм2.

Резисторы – 45+4×13,2+21,3+2×15=150 мм2.

Конденсаторы – 15×66+200×24=57,9 мм2.

Диод – 8 мм2.

Общая площадь: S=87,61 мм2.

Площадь печатной платы: Sп=2×S=2×87,61=175,22 см2.

Размер печатной платы выбираем 10×18 см.

Печатная плата служит для механического закрепления ЭРЭ и разъёмов устройства и для электрических соединений между ними.

Разработка печатной платы выполнена с помощью программы P-CAD PCB из комплекта P-CAD.

На рисунке 32 приведена разводка спроектированной платы устройства.

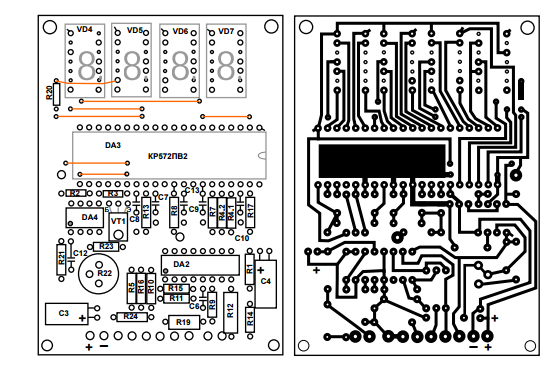


Рис. 32 Разводка спроектированной платы устройства.

**Заключение**

В ходе выполненной выпускной квалификационной работы была спроектирована функциональная схема и электронная плата устройства контроля неисправностей резисторов. Устройство позволяет определить отклонения от нормы 5%, с погрешностью не более 1,51%. Схема позволяет определять находится ли резистор в допуске, больше или меньше номинала. Использование микроконтроллера дает возможность для модернизации этой системы на программном уровне.

Система проста в использовании и относительно недорога по себестоимости, не требует дополнительных затрат. Замена магазина сопротивлений позволяет расширить область использования устройства с данной схемой.

**Список используемой литературы**

1. «Измерения в электронике» под ред. В.А. Кузнецова. Москва «Энергоатомиздат» 1987 г.
2. Аванесян Г.Р. Лёвшин В.П. «интегральные микросхемы ТТЛ и ТТЛШ». Москва «Машиностроение» 1993г.
3. Ан П. Сопряжение ПК с внешними устройствами/ Пей Ан; Пер. с англ. Мерещука П.В. – 2-у изд., стер. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004. — 225 с.
4. Белов А.В. «Конструирование устройств на микроконтроллерах». Санкт Петербург «Наука и техника» 2005г.
5. Винокуров В.И. Каплин С.И. Петелин Г.И. «Электрорадио-измерения». Москва «Высшая школа» 1986г.
6. Волович Г.И. «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств». Москва «Дюдека-ХХІ» 2005г.
7. Гендин Г.С. «Всё о резисторах». Москва «Массовая радио библиотека»
8. Гутников В.С. «Интегральная электроника в измерительных устройствах». Ленинград «Энергия» 1980г.
9. Кушнир Ф.В. «Радиотехнические измерения». Москва «Связь» 1980 г.
10. Лозицкий Б.Н. Мельниченко И.И. «Электрорадио-измерения». Москва. «Энергия» 1976 г.
11. М. Гук. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. - СПб.: ПИТЕР, 2003. — 56 с.
12. Мейзда Ф. «Электронные измерительные устройства и методы измерения». Москва «Мир» 1990г.
13. Мечин Ю.А. «180 аналоговых микросхем». Москва «Символ-Р» 1993г.
14. Новиков Ю.В. «Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы проектирования». Москва «Мир» 2001г.
15. Предко М. «Справочник по PIC-микроконтроллерам». Москва «Дюдека ХХІ» 2002г.
16. Применение цифровых сигнальных процессоров в платах АЦП – плюсы и минусы. – Chup News №4 (47), 2000. — 94 с.
17. Р. Джордейн. Справочник программиста персональных компьютеров типа IBM PC, АТ и ХТ/ Перевод с английского Н.В. Гайского. - М., “Финансы и статистика”, 1992. — 130 с.
18. Телешевский Б.Е. «Измерения в электро- и радиотехнике». Москва. «Высшая школа» 1984г.
19. Фрунзе А.В. «Микроконтроллеры? это же просто» том 1. Москва «ИД СКИМЕН» 2002г.
20. Ю.В. Новиков, О.А. Калашников, С.Э. Гуляев. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. Под общей редакцией Ю.В. Новикова. практ. Пособие – М.: ЭКОМ., 1998. — 144 с.

Размещено на Allbest.ru