4. Компьютеризированный сбор данных 2

4.1. Введение 2

4.2. Общая схема сбора данных 2

4.2.1. Диаграмма организации сбора данных 2

4.2.2.Объекты мониторинга 2

4.3. Датчики 3

4.3.1. Физические эффекты 3

4.3.2. Способы измерения (прямые и косвенные) 4

4.3.3. Основные виды датчиков 5

а) температурные 6

б) оптические 7

в) датчики влажности и газовые анализаторы 9

г) магнитные датчики 10

4.3.4. Классификация датчиков 10

4.4.Типы сигналов 12

4.4.1. Аналоговые сигналы 12

4.4.2. Импульсные сигналы 12

4.4.3. Цифровой сигнал 13

а) квантование по уровню 13

б) квантование по времени 13

в) дискретные сигналы 13

4.5. Преобразование сигналов 14

4.6. Организация компьютеризированного сбора данных 14

# 4. Компьютеризированный сбор данных

## 4.1. Введение

История методов сбора и регистрации данных:

* регистрация человеком;
* механические регистраторы;
* электронные регистраторы;
* автоматизированные регистраторы данных (dataloggers);
* комп’ютеризированные системы сбора и анализа данных.

## 4.2. Общая схема сбора данных

## 4.2.1. Диаграмма организации сбора данных

Объект мониторинга

Поле (излучение)

Физиче-

ский

эффект

##### Преобра-зователь (сенсор)

##### Датчик

##### Согласование сигналов

##### Преобразование сигналов

##### Принятие решений

Анализ

##### Отображение

##### Преобразование данных

##### Контроль / Вывод

**Рис 4.1.** Диаграмма организации сбора данных

### 4.2.2.Объекты мониторинга

Объектом мониторинга может быть:

* физический объект;
* процесс.

Каждый объект определенным образом взаимодействует со внешней средой, например, излучая. Известно четыре фундаментальных поля, но с практической точки зрения удобно вводить дополнительные поля, нефундаментальные, которые являются либо ограниченной частью либо комбинацией фундаментальных излучений. Имеется множество различных излучений (нефундаментальных), которые необходимо на практике контролировать, например:

* тепловое излучение: электромагнитное излучение ИК-диапазона;
* видимый свет: электромагнитное излучение диапазона ≈380-750 нм;
* ультрафиолетовое излучение: электромагнитное излучение выше видимого диапазона;
* акустические излучения: механические колебания молекул, например, воздуха;
* различные виды радиационного излучения (α, β, γ – излучения).

Кроме параметров излучения на практике часто необходимо измерять различные физические и химические величины:

* давление;
* влажность: удельное содержание паров воды в воздухе;
* температура: кинетическая энергия движений молекул объекта;
* удельное содержание различных примесей (загрязнителей);
* перемещение, скорость, ускорение движения и геометрические размеры объекта;
* кислотность почвы;
* и т.д.

## 4.3. Датчики

### 4.3.1. Физические эффекты

В основе действия любого датчика лежит физический эффект – преобразование значения/изменения одной физической величины в определенные значения/изменения другой физической величины.

В следующей таблице приведены известные физические эффекты:

**Таблица 4.1.** Физические эффекты

|  |  |
| --- | --- |
| **Эффект, явление, свойство** | **Физическая сущность преобразования** |
| Теплопроводность  (тепловая энергия → измене­ние физических свойств) | Переход теплоты внутри физического объекта из области с более высокой в область с более низкой температурой |
| Тепловое излучение  (тепловая энергия → инфракрасные лучи) | Оптическое излучение при повышении температуры физичес­кого объекта |
| Эффект Зеебека  (температура → электричество) | Возникновение ЭДС в цепи с биметаллическими соединения­ми при разной температуре спаев |
| Пироэлектрический эффект  (температура → электричество) | Возникновение электрических зарядов на гранях некоторых кристаллов при повышении температуры |
| Термоэлектронный эффект  (тепловая энергия → электроны) | Испускание электронов при нагревании металла в вакууме |
| Электротермический эффект Пельтье  (электри­чество → тепловая энергия) | Поглощение или генерация тепловой энергии при электри­ческом токе в цепи с биметаллическими соединениями |
| Электротермический эффект Томсона  (темпера­тура и электричество → тепловая энергия) | Генерация или поглощение тепловой энергии в электричес­кой цепи из однородного материала при разных температурах участков цепи |
| Фотогальванический эффект  (свет → электри­чество) | Появление свободных электронов и положительных дырок (возникновение ЭДС) в облучаемом светом *p-n*-переходе |
| Эффект фотопроводимости  (свет → электричес­кое сопротивление) | Изменение электрического сопротивления полупроводника при его облучении светом |
| Эффект Зеемана  (свет, магнетизм → спектр) | Расщепление спектральных линий при прохождении света в магнитном поле |
| Эффект Рамана или  комбинационное рассеяние света  (свет → свет) | Возникновение в веществе светового излучения, отличного по спектру от исходного монохроматического |
| Эффект Поккельса  (свет и электричество → свет) | Расщепление светового луча на обыкновенный и необыкно­венный при прохождении через пъезокристалл с приложенным к нему электрическим напряжением в перпендикулярном лучу направлении. |
| Эффект Керра  (свет и электричество → свет) | Расщепление светового луча на обыкновенный и необыкно­венный в изотропном веществе с приложенным к нему элек­трическим напряжением в перпендикулярном к лучу направ­лении. |
| Эффект, Фарадея  (свет и магнетизм → свет) | Поворот плоскости поляризации линейно-поляризованного светового луча, проходящего через парамагнитное вещество |
| Эффект Холла  (магнетизм и электричество → электричество) | Возникновение разности потенциалов на гранях твердого тела при пропускании через него электрического тока и прило­жении магнитного поля перпендикулярно направлению элек­трического тока. |
| Магнитосопротивление  (магнетизм и электри­чество → электрическое сопротивление) | Увеличение электрического сопротивления твердого тела в магнитном поле. |
| Магнитострикция  (магнетизм → деформация) | Деформация ферромагнитного тела, помещенного в магнит­ное поле. |
| Пьезоэлектрический эффект  (давление → элек­тричество) | Возникновение разности потенциалов на гранях сегнетоэлектрика, находящегося под давлением. |
| Эффект Доплера  (звук, свет → частота) | Изменение частоты при взаимном перемещении объектов по сравнению с частотой, когда эти объекты неподвижны. |

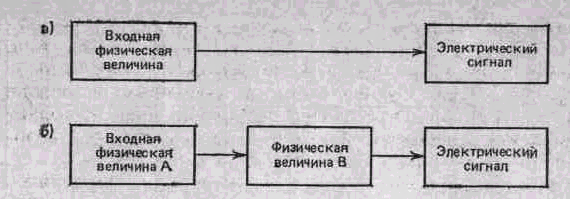
### 4.3.2. Способы измерения (прямые и косвенные)

По способу измерения различают датчики:

* прямого
* косвенного

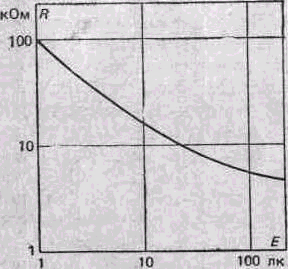
преобразования.

Для датчиков технической системы в связи с обра­боткой их сигналов на микро-ЭВМ обязательно требует­ся преобразование сигналов в электрические. Однако среди датчиков далеко не все построены на основе пря­мого преобразования того или иного явления в электри­ческие сигналы. Во многих датчиках необходимы еще до­полнительные преобразования. Датчики подобного типа называются косвенными в отличие от прямых, или не­посредственных, где электрические сигналы формируют­ся без промежуточных преобразований (рис. 4.2). Возь­мем, например, оптический датчик. Это фотоэлектриче­ский элемент на основе CdS. В зависимости от освещен­ности изменяется электрическое сопротивление между выводами элемента (рис. 4.3). Другим примером датчика прямого типа служит терморезистор, сопротивление кото­рого изменяется в зависимости от температуры.



**Рис. 4.2.** Принцип работы датчиков с прямым (а) и косвенным *(б)* преобразователем

В датчиках косвенно­го типа явление, обуслов­ленное непосредственным взаимодействием с внеш­ней средой, преобразует­ся в другое явление (или ряд других), а послед­нее — в электрический сиг­нал. Приме­ром такого типа может быть датчик массы на ос­нове измерения деформа­ции. В нем осуществляет­ся следующая цепочка преобразований: масса → механическое смещение → изменение электрического сопротивления, в резуль­тате которых получается электрический сигнал. Еще одним примером датчика косвенного типа может служить датчик обледенения, выполненный на основе оптического элемента. Здесь осаждение инея вызывает изменение освещенности, которое, в свою очередь, преоб­разуется в выходной электрический сигнал.

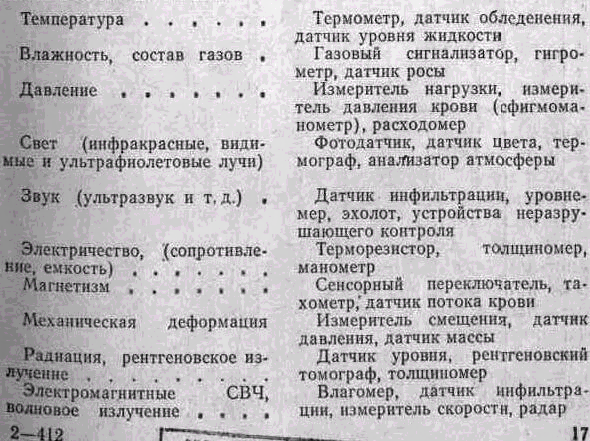


**Рис. 4.3.** Характеристика фотодатчика

По принципу действия датчики укрупненно делятся на физические и химические. Первые построены на осно­ве физических, вторые—на основе химических явлений. Но, строго говоря, имеются датчики, которые нельзя четко отнести к тому или иному типу. Практически по­давляющее большинство современных датчиков работает на основе физических принципов. Для химических дат­чиков характерно наличие многих проблем, связанных преимущественно с надежностью, приспособленностью к массовому производству и стоимостью. В настоящее время многие из этих трудностей постепенно преодоле­ваются, и в будущем химические датчики найдут широ­кое применение, особенно как датчики запаха, вкуса или датчики медицинской электроники, вводимые в тело.

### 4.3.3. Основные виды датчиков

При классификации датчиков в качестве основы часто используется принцип их действия, который, в свою оче­редь, может базироваться на физических или химических явлениях и свойствах:



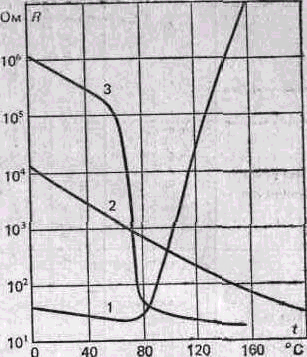
**Рис. 4.4.** Виды датчиков

Ниже рассмотрим основные типы датчиков:

#### а) температурные

С температурой мы сталки­ваемся ежедневно, и это наиболее знакомая нам физи­ческая величина. Среди прочих датчиков температурные отличаются особенно большим разнообразием типов и являются одним из самых распространенных (табл. 4.2).

Стеклянный термометр со столбиком ртути известен с давних времен и широко используется в наши дни. Тер­морезисторы, сопротивление которых изменяется под влиянием температуры, используются довольно часто в самых разнообразных устройствах благодаря сравни­тельно малой стоимости датчиков этого типа. Существу­ет три вида терморезисторов: с отрицательной характе­ристикой (их сопротивление уменьшается с повышением температуры), с положительной характеристикой (с по­вышением температуры сопротивление увеличивается) и с критичной характеристикой (сопротивление резко из­меняется при пороговом значении температуры). На рис.4.5 показана зависи­мость сопротивления от температуры для каждого вида терморе­зистора. Обычно со­противление под влия­нием температуры из­меняется довольно рез­ко. Для расширения линейного участка это­го изменения парал­лельно и последова­тельно терморезистору присоединяются посто­янные резисторы.



**Рис.4.5.** Характеристики различных терморезисторов

*1* — положительная;

*2 —* отрицательная;

*3 —* критичная

Термопары особен­но широко применяют­ся в области измере­ний. В них использу­ется эффект Зеебека: в спае из разнородных металлов возникает ЭДС, приблизительно пропорциональная разности тем­ператур между самим спаем и его выводами. Диапазон измеряемых термопарой температур зависит от приме­няемых металлов. В термочувствительных ферритах и конденсаторах используется влияние температуры соот­ветственно на магнитную и диэлектрическую проницае­мость, начиная с некоторого значения, которое называ­ется температурой Кюри и для конкретного датчика зависит от применяемых в нем материалов. Термочувстви­тельные диоды и тиристоры относятся к полупроводни­ковым датчикам, в которых используется температурная зависимость проводимости *р—*п-перехода (обычно на кристалле кремния). В последнее время практическое применение нашли так называемые интегральные тем­пературные датчики, представляющие собой термочув­ствительный диод на одном кристалле с периферийными схемами, например усилителем и др.

Таблица 4.2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Принцип действия** | **Тип датчика (примеры)** | **Диапазон измеряемых тзмпаратур, °С** | | | | |
| **-273** | **0** | **500** | **1000** | **1500** |
| Тепловое расширение | Термометр на основе измерения давления герметизированных |  |  |  |  |  |
| Ртутный термометр |  |  |  |  |  |
| Биметаллический датчик |  |  |  |  |  |
| Изменение электрического сопротивления | Термометр сопротивления платиновый |  |  |  |  |  |
| Терморезистор с отрицательной характеристикой |  |  |  |  |  |
| Терморезистор с положительной характеристикой |  |  |  |  |  |
| Терморезистор с критичной характеристикой |  |  |  |  |  |
| Генерация Термо-ЭДС | Термопара хромель-алюмель |  |  |  |  |  |
| Полупроводниковый (НдСаТе) элемент |  |  |  |  |  |
| Изменение магнитной проницаемости | Термочувствительным феррит |  |  |  |  |  |
| Изменение электрической емкости | Термочувствительный конденсатор |  |  |  |  |  |
| Явления в полупроводниках | Диод,транзистор |  |  |  |  |  |
| Тиристор |  |  |  |  |  |
| Интегральная схема |  |  |  |  |  |
| Тепловое излучение | Инфракрасный детектор пироэлектрического типа |  |  |  |  |  |
| Изменение частоты | Кварцевый резонатор |  |  |  |  |  |
| Изменение цвета | Термочувствительная краска |  |  |  |  |  |
| Тепловые шумы | Платиновый провод |  |  |  |  |  |
| Деформация, разрушение | Плавкий предохранитель |  |  |  |  |  |

#### б) оптические

Подобно температурным опти­ческие датчики отличаются большим разнообразием и массовостью применения. Как видно из табл. 4.3, по прин­ципу оптико-электрического преобразования эти датчи­ки можно разделить на четыре типа: на основе эффектов фотоэлектронной эмиссии, фотопроводимости, фотогаль­ванического и пироэлектрических.

*Фотоэлектронная эмиссия, или внешний фотоэф­фект,—* это испускание электронов при падении света на физическое тело. Для вылета электронов из физического тела им необходимо преодолеть энергетический барьер. Поскольку энергия фотоэлектронов пропорциональна *hc/K* (где ft—постоянная Планка, *с—*скорость света, *К—*длина волны света), то, чем короче длина волны об­лучающего света, тем больше энергия электронов и легче преодоление, ими указанного барьера.

*Эффект фотопроводимости, или внутренний фотоэф­фект,—* это изменение электрического сопротивления фи­зического тела при облучении его светом (см. рис. 4.4). Среди материалов, обладающих эффектом фотопрово­димости,—ZnS, CdS, GaAs, Ge, PbS и др. Максимум спектральной чувствительности CdS приходится при­близительно на свет с длиной волны 500—550 нм, что соответствует приблизительно середине зоны чувстви­тельности человеческого зрения. Оптические датчики, работающие на эффекте фотопроводимости, рекоменду­ется использовать в экспонометрах фото- и кинокамер, в автоматических выключателях и регуляторах света, обнаружителях пламени и др. Недостаток этих датчи­ков—замедленная реакция (50 мс и более).

*Фотогальванический эффект* заключается в возник­новении ЭДС на выводах *р—*п-перехода в облучаемом светом полупроводнике. Под воздействием света внутри *р—*п-перехода появляются свободные электроны и дыр­ки и генерируется ЭДС. Типичные датчики, работающие по этому принципу,— фотодиоды, фототранзисторы. Та­кой же принцип действия имеет оптико-электрическая часть двухмерных твердотельных датчиков изображения, например датчиков на приборах с зарядовой связью (ПЗС-датчиков). В качестве материала подложки для фотогальванических датчиков чаще всего используется кремний. Сравнительно высокая скорость отклика и большая чувствительность в диапазоне от ближней ин­фракрасной (ИК) зоны до видимого света обеспечивает этим датчикам широкую сферу применения. Рис. 6 по­могает лучше понять принцип действия фотогальваниче­ских элементов.

*Пироэлектрические эффекты—*это явления, при ко­торых на поверхности физического тела вследствие изменений поверхностного температурного «рельефа» воз­никают электрические заряды, соответствующие этим изменениям. Среди материалов, обладающих подобны­ми свойствами: LiTaOa, РЬТЮз, ВаТЮз и множество других так называемых пироэлектрических материалов. В корпус датчика встроен полевой транзистор, позволяющий преобразовать высокое полное сопротивление пироэлектрического элемента с его мизерными электрическими зарядами в более низкое и оптимальное выходное сопротивление датчика. Из дат­чиков этого типа наиболее часто используются ИК-датчики.

Таблица 4.3.

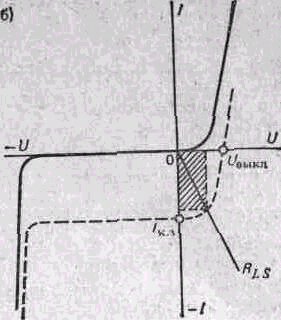
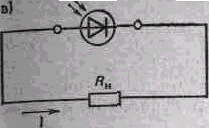
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вид** | **Принцип оптико-элект­рического преобразова­ния** | **Основное назначение** | **Исполнение** | **Рабочая область спектра** | **Тип** | Достоинства и особенности |
| Фотоприем­ные | Фотоэлектронная эмиссия | - | - | - | Фотоэле­мент электро­вакуумный | Высокая чувствительность, высокая скорость отклика, воз­можность счета фотоимпуль­сов |
| Фотоэлектронный умно­житель | хорошее отношение сигнал-шум, большой выходной сиг­нал, возможность счета фото­импульсов, быстрый отклик |
| Фотопрово­димость | Фоторезис­тор | малые габариты, малая стои­мость, максимальная чувстви­тельность CdS на волне 520 нм |
| Фотогаль­ванический эффект | Фотообна­ружение | Одиночный элемент | Ультра-фиолетовая | Фотодиод, чувствитель­ный к УФ-лучам | Малые габариты, твердо­тельная конструкция, не тре­буется источника электричес­кого питания |
| Видимая | Фотодиод, чувствитель­ный к видимой области спект­ра | Не требуется источника элек­трического питания |
| То же со встроенной схемой усили­теля | Широкий динамический диа­пазон, значительный выход­ной сигнал, в фотокамере ис­пользуется логарифмичность характеристики |
| Ближняя инфракрас­ная | Фотодиод, чувствитель­ный к ближ­ней инфра­красной об­ласти спектра | Малые габариты, низкая стоимость, твердотельная кон­струкция, простота согласова­ния с транзисторами, не тре­буется источника электричес­кого питания |
| То же, мало­инерционный | Малые габариты и быстрота отклика, особенно у PIN-дио-дов |
| Фототран­зистор | Мощный выходной сигнал, малая стоимость, хорошее со­гласование с транзисторами |

Среди оптических датчиков мало найдется таких, которые обладали бы достаточной чувствительностью в. всем световом диапазоне. Большинство датчиков имеет оптимальную чувствительность в довольно узкой зоне ультрафиолетовой, или видимой, или инфракрасной ча­сти спектра.

Основные преимущества перед датчиками других типов:

1. Возможность бесконтактного обнаружения.
2. Возможность (при соответствующей оптике) изме­рения объектов как с чрезвычайно большими, так и с необычайно малыми размерами.
3. Высокая скорость отклика.
4. Удобство применения интегральной технологии (оптические датчики, как правило, твердотельные и по­лупроводниковые), обеспечивающей малые размеры и большой срок службы.
5. Обширная сфера использования: измерение раз­личных физических величин — перемещения, темпера­туры, давления, плотности и др., определение формы, распознавание объектов и т. д.

Наряду с преимуществами оптические датчики обла­дают и некоторыми недостатками, а именно чувствитель­ны к загрязнению, подвержены влиянию постороннего света, светового фона, а также температуры (при полу­проводниковой основе).



**Рис. 4. 6.** Схема (а), поясняющая принцип действия фотогальванического элемента, и его вольт-амперная характеристика (б).

#### в) датчики влажности и газовые анализаторы

Влаж­ность—физический параметр, с которым, как и с тем­пературой, человек сталкивается с самых древних времен; однако надежных датчиков влажности не было в течение длительного периода. Чаще всего для подобных датчиков использовались человеческий или конский во­лос, удлиняющиеся или укорачивающиеся при измене­нии влажности. В настоящее время для определения влажности используется полимерная пленка, покрытая хлористым литием, набухающим от влаги. Однако дат­чики на этой основе обладают гистерезисом, нестабиль­ностью характеристик во времени и узким диапазоном измерения. Более современными являются датчики, в которых используются керамика и твердые электролиты. В них устранены вышеперечисленные недостатки. Одна из сфер применения датчиков влажности—разнообраз­ные регуляторы атмосферы. В последнее время у дат­чиков влажности появилась новая, быстро расширяю­щаяся область применения, а именно системы автома­тизации управления электронной кухонной плитой и устройства обнаружения повышенной влажности (нера­бочее состояние) в видеомагнитофонах.

Газовые датчики широко используются на производ­ственных предприятиях для обнаружения разного рода вредных газов, а в домашних помещениях—для обна­ружения утечки горючего газа. Во многих случаях тре­буется обнаруживать определенные виды газа и жела­тельно иметь газовые датчики, обладающие избиратель­ной характеристикой относительно газовой среды. Од­нако реакция на другие газовые компоненты затрудняет создание избирательных газовых датчиков, обладающих высокой чувствительностью и надежностью. Газовые датчики могут быть выполнены на основе МОП-тран­зисторов, гальванических элементов, твердых электроли­тов с использованием явлений катализа, интерференции, поглощения инфракрасных лучей и т. д. Для регистра­ции утечки бытового газа, например сжиженного при­родного или горючего газа типа пропан, используется главным образом полупроводниковая керамика, в част­ности SiOz, или устройства, работающие по принципу каталитического горения.

При использовании датчиков газа и влажности для регистрации состояния различных сред, в том числе и агрессивных, часто возникает проблема долговечности.

#### г) магнитные датчики

Главной особенностью магнит­ных датчиков, как и оптических, является быст­родействие и возможность обнаружения и измерения бесконтактным способом, но в отличие от оптических этот вид датчиков не чувствителен к загрязнению. Од­нако в силу характера магнитных явлений эффективная работа этих датчиков в значительной мере зависит от такого параметра, как расстояние, и обычно для магнит­ных датчиков необходима достаточная близость к воз­действующему магнитному полю.

Таблица 4.4. Классификация магнитных датчиков

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип** | **Материал** |
| Датчик Холла  Магнитный диод  Магниторезистор | Полупроводник Si, Ge, QaAs Si InSb,InAs |
| Магниторезистор  Датчик Виганда | Ферромагнетик Ni—Co Fe—Ni, V—Co—Fe |
| Датчик Джозефсона | Сверхпроводник Pb, Nb |

Среди магнитных датчиков хорошо известны датчики Холла. В настоящее время они применяются в качестве дискретных элементов, но быстро расширяется приме­нение элементов Холла в виде ИС, выполненных на крем­ниевой подложке. Подобные ИС наилучшим образом отвечают современным требованиям к датчикам. Осо­бенно эффективно применение элементов Холла в бес­коллекторных двигателях видеомагнитофонов, где они используются для определения положения угла поворо­та и управления частотой вращения.

Магниторезистивные полупроводниковые элементы имеют давнюю историю развития. Сейчас снова оживи­лись исследования и разработки магниторезистивных Датчиков, в которых используются ферромагнетики. Не­достатком этих датчиков является узкий динамический Диапазон обнаруживаемых изменений магнитного поля. Однако высокая чувствительность, а также возможность создания многоэлементных датчиков в виде ИС путем напыления, т. е. технологичность их производства, со­ставляют несомненные преимущества.

Взяв за основу элементы Холла или магниторезистивные, можно с помощью промежуточных преобразо­ваний явлений создать датчики давления, массы, расхода жидкости и др.

Эффект Джозефсона, или, иными словами, эффект сверхпроводимости при очень низких температурах, по­зволяет получить сверхчувствительные магнитные дат­чики. С их помощью можно обнаруживать микроизмене­ния магнитного поля, связанные с потоками крови в системе кровообращения человека. Не исключено, что подобные датчики потребуются в медицине.

### 4.3.4. Классификация датчиков

а) по физическим закономерностям

* механические упругие преобразователи;
* электрические и механоэлектрические резистивные преобразователи;
* электростатические преобразователи;
* преобразователи электромеханической группы;
* гальваномагнитные преобразователи;
* электромагнитные преобразователи;
* тепловые преобразователи;
* электрохимические преобразователи;
* оптические преобразователи;
* квантовые преобразователи.

б) по виду входной измеряемой величины:

* преобразователи электрических величин;
* преобразователи неэлектрических величин.

в) по способу формирования выходного сигнала:

* генераторные;
* параметрические.

г) по методу преобразования:

* прямого преобразования;
* преобразователи уравновешивания.

д) по функции преобразования:

* масштабные;
* функциональные (многопараметрические, интегрирующие, дифференцирующие, статистические и т.п.)

## 4.4.Типы сигналов

### 4.4.1. Аналоговые сигналы

Основные параметры:

**U,** В

**t,** с

**Рис. 4.7.** Аналоговый сигнал

* максимальный размах;
* динамический диапазон;
* частотный диапазон;
* отношение сигнал/шум;
* и т.д.

### 4.4.2. Импульсные сигналы

Основные характеристики:

**U,** В

**Рис. 4.8.** Импульсный сигнал

**t,** с

* уровень логического нуля;
* уровень логической единицы;
* частота следования импульсов;
* ширина импульса;
* тип импульсной модуляции (если есть).

### 4.4.3. Цифровой сигнал

#### а) квантование по уровню

**t,** с

**U,** В

**Рис. 4.9.** Квантование по уровню

Основные характеристики:

* шаг квантования;
* разрядность квантования;
* погрешность квантования;

Правило выбора разрядности квантования

#### б) квантование по времени

Основные моменты:

**t,** с

**U,** В

**Рис. 4.10.** Квантование по времени

* частота дискретизации;
* теорема Котельникова/Найквиста;
* правило выбора частоты дискретизации для реальных сигналов.

#### в) дискретные сигналы

* АЦП/ЦАП (виды и основные параметры);
* правило выбора АЦП.

## 4.5. Преобразование сигналов

* преобразование ток/напряжение;
* мостовые преобразователи;
* масштабирование сигналов;
* фильтрация сигналов (ФНЧ, ФВЧ, заграждающие и полосовые фильтры);
* изолирования и гальваническая развязка (конденсаторного, трансформаторного и оптронного принципов действия) и усиление.

Использование операционных усилителей для каждого из преобразований сигналов.

## 4.6. Организация компьютеризированного сбора данных

Основные этапы:

1. Выбор датчика
2. Выбор схемы включения (измерительного преобразователя).
3. Выбор параметров дискретизации сигналов (частоты и разрядности дискретизации).
4. Выбор платы АЦП.
5. Обеспечение согласования сигналов (усиление, фильтрация и т.д.).
6. Выбор программного обеспечения.