

MINISTERIO DE CIENCIA Y EDUCACIÓN SUPERIOR FEDERACIÓN RUSA

Institución educativa autónoma del estado federal de educación superior

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE INVESTIGACIÓN

DE SAMARA nombre académico S. P. Korolev”

DESARROLLO DE ELEMENTOS DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE MICROSATÉLITES

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для обучающихся Самарского университета по основным образовательным программам высшего образования 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств, 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

Составители: *I.A. Kudryavtsev, D.V. Kornilin,
O.O. Myakinin*

САМАРА
Издательство Самарского университета
2021

УДК 629.78(075)

ББК 39.62я7

Составители: *I.A. Kudryavtsev, D.V. Kornilin, O.O. Myakinin*

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, доц. В.С. Павельев

Traducción al Español **Victor Niels Romero Alva**

Revisión de estilo y formato **José Pedro Laverde Estrada**

Desarrollo de elementos de dispositivos de control de microsatélites: методические указания / сост.: *I.A. Kudryavtsev, D.V. Kornilin, O.O. Myakinin*. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 28 с.

Son tratados los problemas en el desarrollo de hardware y software para dispositivos de control de micro y nanosatélites.

El manual de instrucciones es recomendado a estudiantes de las carreras en especialidad 24.04.01 en el curso de “Sistemas de Radiocontrol de microsatélites”.

УДК 629.78(075)

ББК 39.62я7

ÍNDICE

Introducción	4
1. Análisis de los términos de referencia	5
2. Desarrollo del diagrama de bloques para el dispositivo	6
2.1. Dispositivos de medición	6
2.2. Elección del Conversor Analógico Digital (ADC).....	7
2.3. Convertidor serial	9
2.4. Sistema de energía.....	9
3. Desarrollo del circuito principal	10
3.1. Circuito de medición	10
3.1.1. Amplificador búfer	10
3.1.2. Convertidores en amplificadores operacionales	12
3.1.3. Filtro Antialiasing.....	15
3.1.4. ADC.....	15
3.2. Circuitos de conmutación	16
3.3. Interfaz y Sistema de comunicación	19
4. Desarrollo del algoritmo y listado de programas	23
5. Exigencias para la documentación de la nota explicativa y documentación gráfica	25
6. Plazos y Orden de defensas del trabajo de curso	26
Bibliografía	27

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de dispositivos de control de microsátélites representa un proceso complejo que requiere el dominio de los conceptos básicos de desarrollo de circuitos y soluciones de software. Se requiere que el desarrollador preste atención a la elección del elemento base y tenga un enfoque integrado que tome en cuenta las características del sistema de suministro de energía y las condiciones de operación. También es importante elegir el subsistema de comunicación, en la que se tengan en cuenta los requisitos de compatibilidad electromagnética, la necesidad de depuración y diagnóstico, entre otros aspectos.

El trabajo del curso implica el desarrollo de diagramas estructurales y esquemáticos del dispositivo, así como también el algoritmo del programa. Al mismo tiempo, el desarrollador debe asegurarse de que la selección de componentes funcione en condiciones específicas

1. ANÁLISIS DE LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA

El análisis de los términos de referencia es la primera y más importante etapa en el desarrollo de dispositivos. El objetivo de esta etapa consiste en analizar de la existencia y rendimiento de dispositivos similares, en la evaluación de la accesibilidad de parámetros especificados y en la preparación estratégica para la síntesis del sistema estructural. En esta etapa también se realiza la búsqueda preliminar del elemento base y las soluciones software en el diseño de circuitos. El análisis de los términos de referencia debe responder a las siguientes preguntas principales:

- ¿Qué soluciones para la tarea propuesta se conocen?
- ¿Qué indicadores son proporcionados por estos métodos?
- ¿Cuál es la viabilidad económica de elegir un método en particular?
- ¿Qué soluciones técnicas estándares y de software se pueden implementar para resolver el problema?

En el trabajo del curso, todas las tareas son problemas técnicos estándar que representan soluciones parciales a problemas más grandes. En todos los casos, hay soluciones similares, las cuales son necesarias de encontrar y evaluar. Al elegir soluciones estándar, se debe partir del principio de suficiencia mínima, eligiendo la solución más simple que garantice el logro de los indicadores especificados.

2. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL DISPOSITIVO

En esta etapa, partiendo de la estrategia elegida previamente, es necesario desarrollar un diagrama estructural para el futuro dispositivo. En esta parte a menudo se necesita calcular los principales indicadores del dispositivo. El esquema estructural permite descomponer el problema al dividirlo en partes más pequeñas.

Los esquemas estructurales de la mayoría de dispositivos, desarrollados en trabajos de curso, necesitan de cálculos estándares

2.1. Dispositivos de medición

Los dispositivos de medición, por regla general, implican la medición de una magnitud eléctrica, ya sea directamente o con el uso de un transductor, en cuya salida se genera una señal eléctrica. La elección del transductor es aconsejable realizarla en la etapa de análisis de los términos de referencia, aunque es posible que sea necesario especificar el tipo específico de transductor.

Teniendo en cuenta el posterior procesamiento de la señal en forma digital, su bloque correspondiente en el diagrama de bloques es mostrado en la figura 1.



Figura 1 – Modelo de diagrama de bloques para el dispositivo de medición

Al elaborar esta parte del diagrama de bloques, los parámetros principales son el rango de la señal de entrada y el error especificado.

Generalmente, el error, a menos que se indique lo contrario, se establece como un porcentaje del valor máximo. El rango dinámico es la relación entre el valor máximo de la señal y el mínimo. Estos indicadores son clave para la selección de un dispositivo como un CAD, por ello, la técnica de selección recomendada se describirá a continuación.

En esta etapa, también es indispensable determinar la necesidad de la introducción de un amplificador búfer (AB) y sus parámetros, los requisitos para sus indicadores de precisión, y ancho de banda. Para valores de rango dinámico grandes o requisitos de error altos, a veces es aconsejable dividir el rango de la señal en subbandas con procesamiento paralelo. Dicha decisión debe justificarse y tomarse si es imposible proporcionar los indicadores necesarios para un esquema de un solo canal, ya que dicha división complica significativamente el diagrama del circuito y la solución software. Además, el uso del dispositivo también puede volverse más complicado (ya que se requerirán operadores más capacitados).

En esta misma etapa también se deben tener en cuenta una serie de cuestiones de seguridad, por ejemplo, al medir en circuitos de AC industriales, se debe proporcionar aislamiento galvánico u otros métodos para proteger al operador.

2.2. Elección del Conversor Analógico Digital (ADC)

La cosa más importante al elegir el Conversor Analógico Digital es la elección de la profundidad de bits. El algoritmo más simple para la elección es representado a continuación:

- Estimar el valor absoluto del error de medición permitido.
- Estimar el tamaño del paso de cuantificación.
- Seleccionar el valor de la tensión de referencia.
- Calcular la profundidad de bits del ADC dado por la siguiente

fórmula:

$$n = \log_2 \frac{U_{ref}}{\Delta U},$$

donde U_{ref} – valor de la tensión de referencia del CAD, V; ΔU – paso de cuantificación del ADC, V.

Con esto, la elección final de la profundidad de bits se realiza redondeando al siguiente número. También es necesario tener en cuenta el error de ADC, principalmente la no linealidad integral, que tiene el mayor impacto en los límites del rango. Al digitalizar valores pequeños de la señal de entrada, utilizando un ADC de bits altos, es necesario tener en cuenta el ruido inherente del mismo y otros componentes del circuito.

En algunos casos, los indicadores de precisión necesarios se pueden obtener mediante un procesamiento digital adicional en etapas posteriores, por ejemplo, promediando o filtrando especialmente; en estos casos, puede reducir ligeramente los requisitos para el ADC.

Al digitalizar señales de cambio rápido, se debe escoger la frecuencia de muestreo. La regla básica aquí es el teorema de Kotelnikov. Al seleccionar un valor específico, se recomienda proporcionar un margen de frecuencia de 1.5-3 veces, de lo contrario, será necesario proporcionar un diseño de filtro de entrada más complejo.

Al evaluar los parámetros dinámicos de los ADC, es recomendable guiarse por el número de muestras por segundo (en inglés SPS), el cual toma en cuenta retrasos adicionales, como el tiempo de selección.

Al desarrollar la parte analógica de la ruta de medición, es necesario proporcionar un filtro antialiasing que suprima la interferencia fuera de banda. En la mayoría de los casos, el filtro antialiasing puede hacerse pasivo o incluirse en el circuito del amplificador del búfer.

También es necesario tener en cuenta la resistencia de salida del transductor o los requisitos para la resistencia de entrada del medidor. Si el transductor tiene una alta resistencia de salida, o si el análisis preliminar de los términos de referencia implica la necesidad de una alta resistencia de entrada del medidor, entonces es necesaria una selección adecuada del amplificador búfer. Muy a menudo, el desarrollo de un amplificador búfer se basa en dos requisitos principales:

- Escalar la señal de entrada al rango estándar del ADC.
- Acoplamiento de resistencias.

En algunos casos, la señal de entrada tiene una forma bipolar u otro formato específico, por ello al amplificador también se le asigna la función de conversión de señal. Se discutirán algunos ejemplos en la sección del desarrollo del circuito principal.

2.3. Convertidor serial

Para esta clase de dispositivos, por regla general, se utilizan chips especializados de adaptadores/drivers, que tienen su propio protocolo y sus propias características de circuitos. Aquí, se debe prestar la atención principal a la elección óptima del elemento base que corresponda plenamente a los indicadores establecidos. A veces es rentable implementar un método de software para la realización de la interfaz, por ejemplo, al construir dispositivos LIN económicos; no obstante, esta elección debe tener en cuenta todos los aspectos, incluida la resistencia a sobrecargas externas y la inmunidad al ruido.

2.4. Sistema de energía

El sistema de alimentación deberá proporcionar de energía al microcontrolador y los periféricos. Generalmente, se utiliza un estabilizador separado (convertidor DC/DC) para alimentar el microcontrolador por razones de inmunidad al ruido. El trabajo del curso no requiere un estudio detallado del sistema de suministro de energía, sin embargo, el diseño del circuito debe ser correcto, teniendo en cuenta las características específicas del funcionamiento de los equipos satelitales por parte de los paneles solares y baterías. Toda la solución debe cumplir con los requisitos modernos de compatibilidad electromagnética y de seguridad. Se recomienda utilizar unidades convertidoras estándar de DC/DC que correspondan a las especificaciones del dispositivo.

3. DESARROLLO DEL CIRCUITO PRINCIPAL

Al desarrollar un diagrama esquemático, los desarrolladores suelen seguir el "principio modular", implementando gradualmente varios bloques al diagrama. Al mismo tiempo, es muy posible corregir el diagrama de bloques, en caso de que en el proceso de desarrollo del diagrama principal aparezca una solución más efectiva que requiera de decisiones estratégicas a nivel de la estructura del dispositivo. Es aconsejable comenzar el desarrollo más crítico con los bloques que dependan del rendimiento del dispositivo, por ejemplo, el circuito de medición. La elección del modelo de microcontrolador se puede hacer o cambiar en cualquier etapa, sin embargo, a menudo existe un vínculo con las características del dispositivo debido a la presencia o ausencia de módulos integrados. En la etapa de desarrollo es necesario realizar la depuración y programación del controlador.

3.1. Circuito de medición

Por lo común, el desarrollo de un esquema de medición se resume en la selección del elemento base que cumpla con los requisitos definidos en la etapa de desarrollo de un esquema estructural, y en la búsqueda de soluciones de circuito específicas dictadas por el elemento base empleado.

3.1.1. Amplificador búfer

Los amplificadores de búfer generalmente se implementan sobre la base de amplificadores operacionales (AO). Una solución típica son los circuitos de amplificadores ya sea de tipo inversor o no inversor.

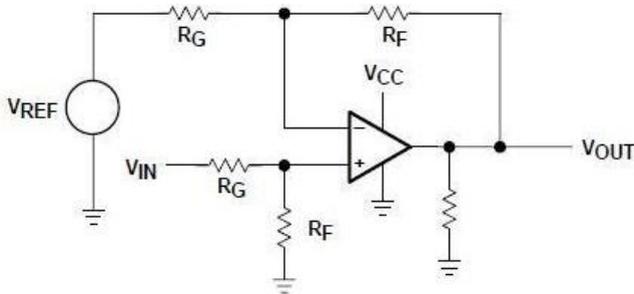


Figura 2 – Encendido del AO no inversor

Es preferible un circuito no inversor debido a la alta resistencia de entrada y la falta de inversión de señal. Actualmente, los amplificadores operacionales que proporcionan los parámetros necesarios para la fuente de alimentación unipolar son ampliamente utilizados, lo cual simplifica significativamente la implementación de la fuente de energía. Al escoger un AO, los criterios principales son los indicadores de precisión (voltaje de compensación, deriva, CMRR) y las características dinámicas (frecuencia de ganancia única, tasa de aumento del voltaje de salida). Además, se debe tener en cuenta el rango de voltajes de entrada y salida, y la resistencia de entrada (en caso de altos requisitos para este parámetro). De ser necesario proporcionar una amplificación de banda ancha, es aconsejable elegir amplificadores con realimentación de corriente.

La mayoría de los transductores requieren el uso de amplificadores diferenciales, para los cuales es conveniente utilizar amplificadores instrumentales.

Al escoger un amplificador instrumental se debe prestar especial atención al rango de voltajes de entrada y salida a diferentes voltajes de suministro.

Al procesar señales de alta velocidad con un ADC de tipo canalizado, se recomienda utilizar amplificadores operacionales especializados con salida diferencial. Un ejemplo de conexión es mostrado en la Figura 3.

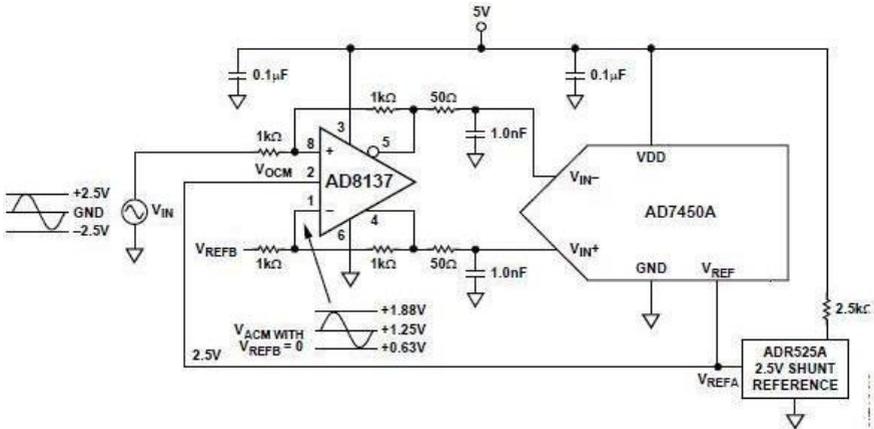


Figura 3 – Acoplamiento con ADC de alta velocidad

3.1.2. Convertidores en amplificadores operacionales

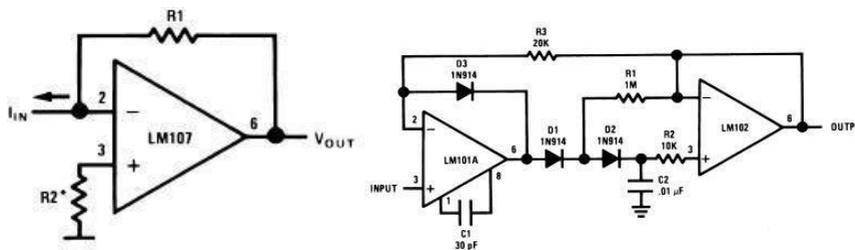
Como regla general, se utilizan los tipos de convertidores en un amplificador operacional:

- Integradores.
- Amplificadores logarítmicos.
- Convertidores de corriente-tensión.
- Circuitos detectores de picos.

Actualmente, existe una tendencia a simplificar la parte analógica tanto como sea posible e implementar los algoritmos principales a nivel de microcontrolador, sin embargo, en algunos casos dicha estrategia es imposible o impráctica. La decisión final se toma comparando los indicadores técnicos y económicos de ambas variantes.

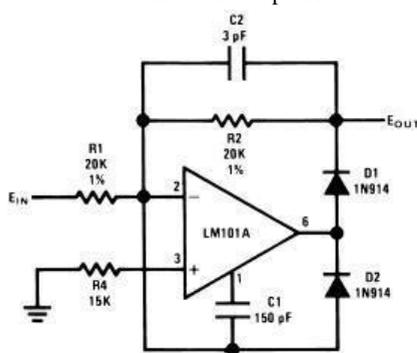
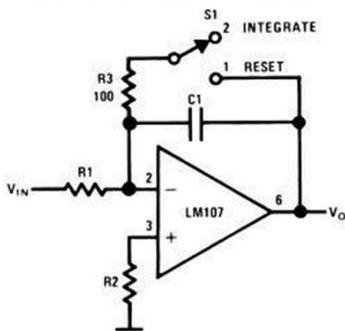
Al desarrollar la parte analógica del circuito de medición, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos que garantizarán el logro de los indicadores especificados:

Protección y aislamiento de ruido en los circuitos del suministro de energía



Convertidor corriente-tensión

Detector de picos



Integrador

Rectificador de media onda de alta velocidad

Figura 4 – Circuitos modelo de convertidores

Protección de nodos contra la sobrecarga de corriente y voltaje

Para garantizar un funcionamiento eficiente y sostenible del amplificador operacional, es necesario aplicar condensadores de bloqueo en los circuitos de alimentación y desacoplar las secciones del cable común de los circuitos de medición de los circuitos digitales y los circuitos de carga.

Es recomendable proteger las líneas de entrada-salida de sobrecarga de tensión, para lo cual se pueden utilizar elementos especiales, como se muestra en la Figura 6.

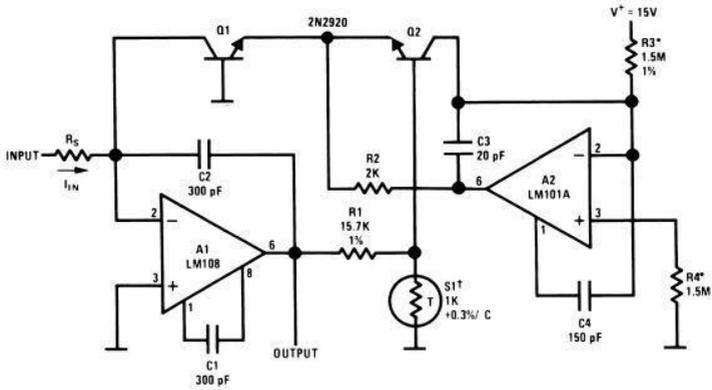


Figura 5 – Circuito modelo de un convertidor logarítmico de corriente de entrada con compensación de temperatura

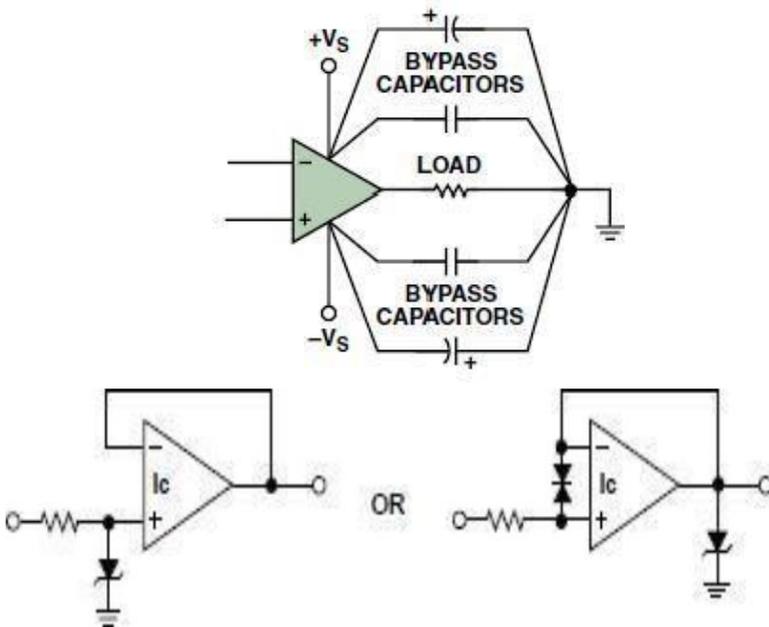


Figura 6 – Conexión de condensadores de bloqueo y elementos de protección

3.1.3. Filtro Antialiasing

Este filtro de paso bajo (gráfico modelo de la respuesta en frecuencia es mostrado en la figura 7) está diseñado para limitar la amplitud de señales fuera de banda (por ejemplo, una señal con una frecuencia (2) en la figura 7) que llegan a la entrada del ADC. Como regla, puede limitarse a un filtro RC pasivo o proporcionar un filtrado al nivel del amplificador búfer. El filtro de paso bajo de segundo y superior orden se utilizan en un entorno de interferencia complejo o cuando se requiere una frecuencia de muestreo f_s baja. Al elegir un filtro RC pasivo, es necesario recordar el valor de la resistencia de entrada del ADC, que limita la elección del valor de las resistencias.

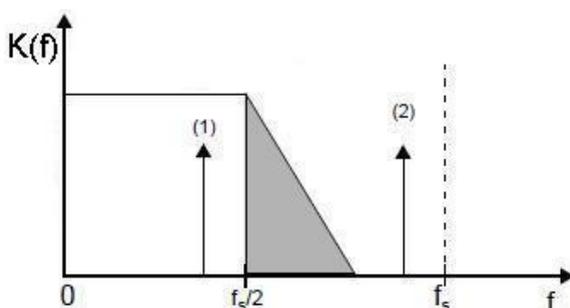


Figura 7 – Filtro Antialiasing

3.1.4. ADC

Al elegir un ADC, generalmente hay que guiarse por los requisitos definidos en la etapa del diagrama de bloques y elegir un modelo específico. Según el rango de tareas para el trabajo del curso, es suficiente limitar la elección a las siguientes opciones:

- ADC de aproximación sucesiva;
- Sigma-Delta ADC
- ADC canalizado

Un ADC canalizado se utiliza cuando se desean frecuencias de muestreo altas (5-10MHz), se puede elegir Sigma-Delta ADC si se necesita una profundidad de bit alta (más de 14-16). En otros casos, nos podemos limitar a escoger un ADC de aproximación sucesiva.

Actualmente, los ADC de interfaz en serie son comunes y su uso simplifica significativamente el circuito del dispositivo. El uso de un ADC con una interfaz paralela se justifica si se requiere una alta tasa de transferencia de datos, que no se implementa en una transmisión en serie. El ADC necesita de capacitores de bloqueo, una fuente de voltaje de referencia estable y consideración con el cableado común.

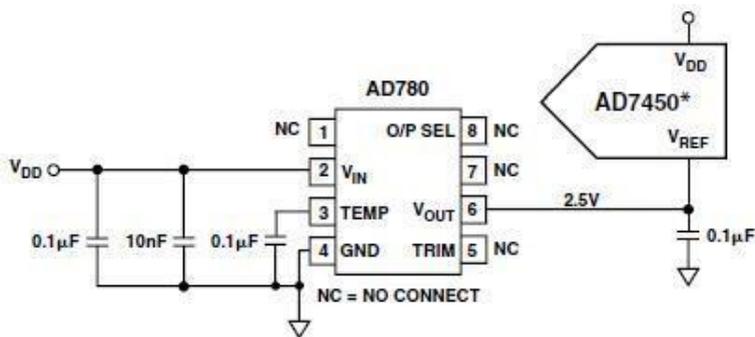
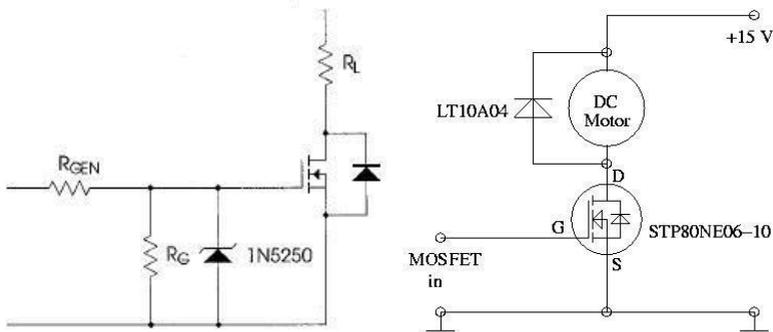


Figura 8 – Conexión de una fuente de voltaje de referencia integrada

Quando se utilizan ADC integrados en el microcontrolador, el circuito principal se simplifica significativamente, ya que los problemas discutidos anteriormente se resuelven automáticamente.

3.2. Circuitos de conmutación

Quando se conectan circuitos de DC a voltajes por debajo de 100-200 V, los transistores MOS con canal inducido (de modo agotamiento) tienen la ventaja. Actualmente, existe una amplia selección de estos transistores en diferentes paquetes.



Circuito de conmutación con protección contra sobretensiones de entrada Circuito de control del motor mediante un diodo protector

Figura 9 – Esquema de circuitos de conmutación basados en MOS

Al elegir un transistor de conmutación, se presta la atención principal a la resistencia del canal en estado abierto, a las corrientes y voltajes máximos, a la disipación de potencia y a la carga de control. A una frecuencia de conmutación baja, la cantidad de potencia disipada por el transistor está determinada por la resistencia del canal, a una frecuencia alta, las pérdidas de conmutación aumentan y están determinadas por la recarga de las capacitancias entre electrodos.

Al conmutar cargas inductivas (por ejemplo, devanados de motor), se deben proporcionar diodos de protección para limitar la liberación de voltaje cuando la llave está cerrada. Debe tenerse en cuenta que los transistores basados en MOS tienen límites en la tasa de cambio del voltaje de drenaje. Para proteger contra sobrecargas en este parámetro, se utilizan circuitos de ayuda a la conmutación o supresores (C_{sn} , R_{sn} fig. 10).

En algunos casos, se utilizan circuitos puente para proporcionar un cambio en la polaridad del voltaje en la carga. Con bajos voltajes y requisitos de velocidad, los transistores de canal p se utilizan como conmutadores de lado alto, como se muestra en la figura 11.

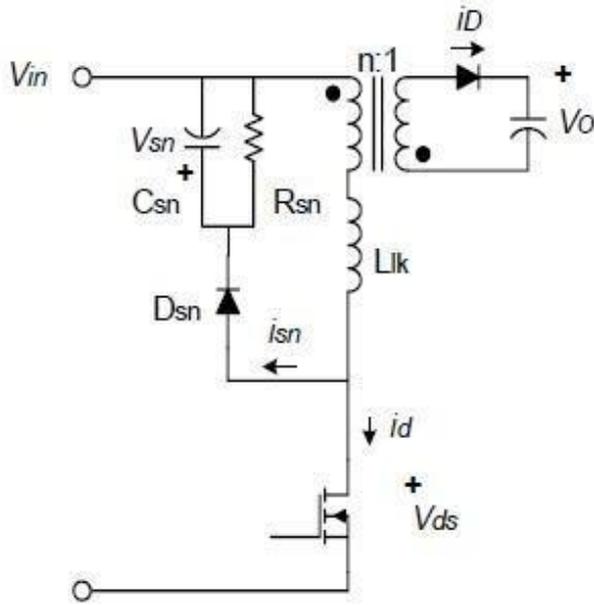


Figura 10 – Uso del circuito de conmutación en un convertidor de retroceso

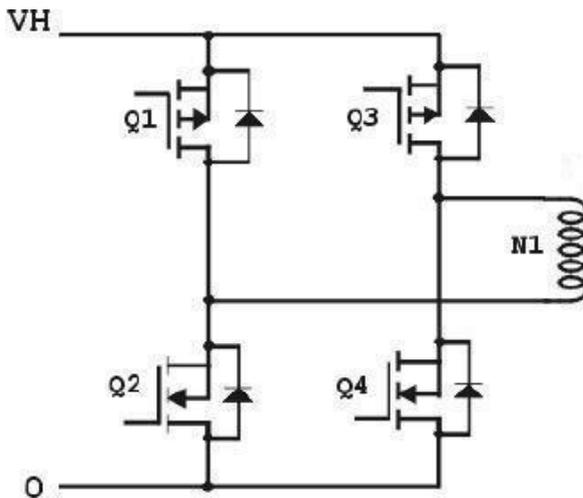


Figura 11 – Implementación de un circuito puente

Como transistores de lado alto, también se pueden usar transistores de canal n, en este caso se requieren controladores especiales (circuitos bootstrap) para el control.

Al conmutar circuitos AC, se utilizan varios tipos de relés, así como tiristores y triacs. Dados los requisitos de seguridad, a menudo es necesario separar galvánicamente el circuito de alimentación de AC y el circuito de control, el cual es conveniente de implementar utilizando optoacopladores (fig. 12). También hay opciones para el diseño de tiristores/triacs con optoacoplador integrado.

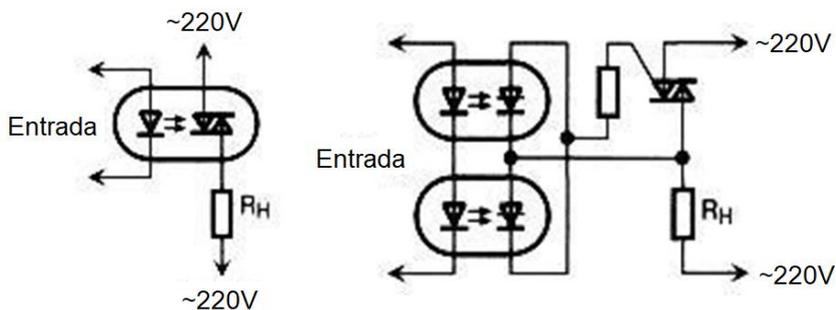


Figura 12 – Control de carga en el circuito de AC

3.3. Interfaz y Sistema de comunicación

Muchos trabajos requieren la implementación de transceptores para fines de intercambio de datos/control remoto. En la actualidad, existen muchas soluciones diferentes para distintos rangos, capacidades y condiciones de operación. Se pueden distinguir los siguientes grupos:

- Módulos transceptores listos para el uso que se interconecten con el microcontrolador usando interfaces estándar SPI, I2C e interfaces similares

- Implementación separada de receptores y transmisores que también sean realizados en forma de módulos terminados
- Implementación de módulos de recepción y/o transmisión basados en IMS, de elementos discretos individuales y de componentes pasivos.

Al seleccionar una opción específica, se cumple con las siguientes características:

- Ancho de banda/velocidad de transmisión
- Topología o requisitos de integración con el hardware disponible;
- Consumo de energía;

Independientemente de los requisitos presentados, primero se debe considerar la posibilidad de utilizar cualquiera de las soluciones estándar, lo que acelera significativamente el desarrollo y aumenta el grado de unificación. Sin embargo, en algunos casos tiene sentido usar IMS con sus componentes pasivos externos correspondientes.

Al elegir los **componentes pasivos** (resistencias, condensadores, bobinas de choque), es necesario seguir los requisitos de tolerancia a la dispersión de los valores nominales, eligiendo los valores nominales de los elementos de una serie estándar. Para las resistencias, la disipación de potencia permitida también juega un papel importante, se recomienda elegir con un margen de carga no superior al 2/3 del máximo. Al elegir condensadores, también se debe tener en cuenta la inestabilidad de temperatura del dieléctrico y, para las resistencias, sus coeficientes de temperatura. El dispositivo desarrollado en el proyecto debe estar equipado con conectores, incluyendo un enchufe para conectarse a la red de alimentación, con conectores estándar para la conexión con una computadora, sondas para dispositivos de medición, conectores de alimentación para fuentes de energía, etc.

Para implementar el funcionamiento normal de la mayoría de los microcontroladores, es necesario tener diagramas externos para

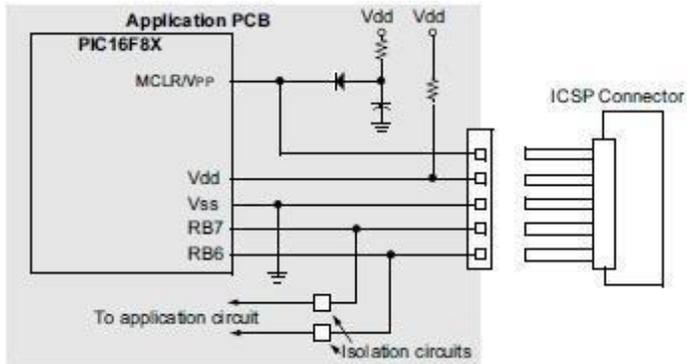


Figura 14 – Ejemplo de programación en circuito

4. DESARROLLO DEL ALGORITMO Y LISTADO DE PROGRAMAS

Al elegir el tipo de microcontrolador, debe guiarse por un conjunto de consideraciones: modernidad, rentabilidad y complejidad del hardware adicional. En algunas tareas, el uso de microcontroladores de 8 bits es suficiente, y también puede recomendar microcontroladores más productivos de las familias MSP430 (16 bits), ARM7 (32 bits) y Blackfin (microcontroladores de señal de 16 bits).

Desde el punto de vista de la creación de un programa de control eficaz que combine el uso de varias funciones del microcontrolador, es aconsejable utilizar el mecanismo de interrupción tanto como sea posible. Se pueden lograr buenos resultados siguiendo los siguientes principios:

1. Todas las tareas realizadas por el microcontrolador deben dividirse en urgentes y no urgentes. Las tareas urgentes incluyen todos los eventos que requieren una respuesta rápida y todas las tareas relacionadas con la formación de intervalos de tiempo y mediciones de procesos de flujo rápido. Las tareas no urgentes incluyen trabajar con botones, indicadores, procesamiento de datos acumulados que no es crítico con el tiempo, etc.

2. La respuesta a eventos urgentes se asigna al subprograma de procesamiento de interrupciones. El procesamiento de eventos no urgentes se realiza en el programa principal.

3. El procesamiento de los eventos procesados en el subprograma de respuesta a interrupciones no debería llevar mucho tiempo, ya que, de lo contrario, la respuesta a otros eventos urgentes puede demorarse. Una buena opción es configurar el indicador del programa seguido de un procesamiento diferido en el programa principal.

4. Si es necesario formar pausas, es necesario dar una mayor preferencia al uso de temporizadores en comparación con la organización de los retrasos del programa.

5. Si necesita realizar operaciones muy largas, como cálculos, este proceso debe incluir el sondeo de los indicadores establecidos por las rutinas de procesamiento de eventos urgentes.

Por tanto, la estructura general del programa de control que sigue los principios anteriores es la siguiente:

1. Todos los subprogramas de manejo de interrupciones realizan manipulaciones muy breves, como cambiar el nivel en el pin del microcontrolador y verificar el estado de las banderas internas, o simplemente establecer un indicador que indique que el evento debe procesarse de manera diferida.

2. El programa principal consiste en un bucle principal de procesamiento de eventos que sondea indicadores que señalan la necesidad de realizar algunas acciones, y pasa el control a los subprogramas, y un conjunto de esos subprogramas.

3. El control implementado de esta manera, directamente hablando, no corresponde con el concepto de "procesamiento en tiempo real", pero permite realizar toda una gama de manipulaciones que no se interfieren entre sí.

4. Es necesario recordar que la operación efectiva de dicho programa es posible cuando la intensidad del flujo de eventos externos no excede un cierto límite determinado por el tiempo empleado en procesar estos eventos. De acuerdo con el principio descrito, los sistemas operativos tipo WINDOWS que no pretenden trabajar en tiempo real funcionan. Sin embargo, la práctica demuestra que, con un rendimiento suficiente del microcontrolador, el uso de esta estrategia en un gran número de casos prácticamente significativos proporciona un resultado aceptable.

5. Para el procesamiento en tiempo real, el método principal es utilizar nodos y módulos altamente especializados que resuelven solo un número muy limitado de tareas.

6. Al procesar eventos aleatorios con este método, se reduce la probabilidad de errores y retrasos causados por una posible sobrecarga del nodo, pero también se reduce la eficiencia de su uso.

5. EXIGENCIAS PARA LA DOCUMENTACIÓN DE LA NOTA EXPLICATIVA Y DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

La nota explicativa es documentada de acuerdo con los requerimientos ESKD и STP SGAU en hojas A4. La documentación gráfica (diagrama principal y estructural, algoritmo del programa) se realiza en hojas separadas en el formato requerido (no en papel Whatman) y se archiva en forma de anexos a la nota explicativa. El diagrama principal se acompaña con una lista de elementos realizada de acuerdo con los requisitos del ESKD. El listado del programa también se incluye en el contenido de la nota explicativa. En el caso de una gran cantidad de listado, se pueden excluir fragmentos estándar individuales (triviales) previa consulta con el profesor.

6. PLAZOS Y ORDEN DE DEFENSAS DEL TRABAJO DE CURSO

Durante el desarrollo del proyecto se debe cumplir el siguiente cronograma:

Tabla 1.

Desarrollo del bosquejo del diagrama de bloques	Hasta la semana 2
Desarrollo del esquema principal elección de componentes	Hasta la semana 6
Desarrollo del algoritmo del programa	Hasta la semana 10
Documentación del proyecto	Hasta la semana 12

Después de completar la documentación, la nota encuadernada se entrega al departamento para su revisión. Sólo los proyectos con la aprobación del profesor son admitidos para la defensa. Con previo acuerdo con el profesor, es posible presentar y defender trabajos anticipadamente a lo largo del semestre.

El cumplimiento del cronograma anteriormente presentado es totalmente obligatorio y el informe sobre su estado actual se transmite a la oficina del Decano según los resultados de la sexta, décima y decimocuarta semana.

Previo al acuerdo con el profesor, se permite realizar trabajos de curso sobre temas especiales de interés científico y práctico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Корнеев, В. Современные микропроцессоры: учебное пособие / В. Корнеев, А. Киселев. – 2 издание. – Moscú: НОЛИДЖ, 2000.
2. Новиков, Ю.В. Основы цифровой схемотехники / Ю.В. Новиков. – Moscú: Mir, 2001.
3. Horowitz, P. The art of electronics / P. Horowitz, W. Hill. – Cambridge: Cambridge university press, 2002. – С. 560–567.
4. Smith, J. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами: Traducción del Inglés / J. Smith. – Moscú: Mir, 2000.
5. Putilin, A.B. Вычислительная техника и программирование в измерительных системах / A.B. Putilin. – Moscú.: Дрофа, 2006. – 448 pág.
6. Topilsky, V.B. Схемотехника измерительных устройств / V.B. Topilsky. – Moscú: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 232 pág.
7. Kotyuk, A.F. Датчики в современных измерениях / A.F. Kotyuk. – Moscú: Радио и связь, 2006. – 95 pág.

Методические материалы

**DESARROLLO DE ELEMENTOS DE DISPOSITIVOS
DE CONTROL DE MICROSATÉLITES**

Методические указания

Составители:

***Kudryavtsev Ilya Aleksandrovich,
Kornilin Dmitry Vladimirovich,
Myakinin Oleg Olegovich***

Редактор Л.Р. Дмитриенко
Компьютерная верстка Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 13.12.2021. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 1,75.
Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 13(Р4М)/2021.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.