

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАКТА ЦИФРОВЫХ ГАММА-КАМЕР И ТОМОГРАФОВ

В работе представлена модель электронного тракта цифровой гамма - камеры. Проведено моделирование его работы с помощью программного симулятора Spice. Представленная модель применима для любого количества фотодетекторов различного типа.

Ключевые слова: гамма - камера, томограф, электронный тракт, моделирование в симуляторе Spice.

Введение

Широкое распространение в медицине получила радионуклидная диагностика. Она позволяет врачам диагностировать различные заболевания на самой ранней стадии их проявления и назначать эффективный курс лечения. Приборами для реализации такой диагностики являются гамма-камеры и компьютерные томографы.

Основным узлом для этих устройств можно считать позиционно-чувствительный детектор (ПЧД), который и определяет основные метрологические характеристики гамма-камер и компьютерных томографов. Он выполнен в виде сцинтилляционного кристалла с установленным на нем набором фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). Получение изображения обследуемого органа в таких приборах осуществляется на основе алгоритмов, которые восстанавливают координаты точки поглощения гамма-кванта в кристалле сцинтиллятора. При этом точное восстановление координат сцинтилляции становится возможным за счет учета баланса интенсивности световых потоков, зарегистрированных группой ФЭУ [1].

Постановка задачи

Задачей настоящего исследования является разработка модели электронного тракта цифровой гамма - камеры и проверка ее работоспособности в программном симуляторе Spice. Актуальность решения данной задачи обусловлена необходимостью создания современной медицинской техники, что предполагает разработку электронных уз-

лов сбора данных. Программное моделирование электроники на этапе проектирования существенно снижает общее время создания новой техники, а так же исключает этап реального макетирования электронных узлов, что в свою очередь, снижает материальные затраты на разработку приборов.

Реализация модели электронного тракта цифровой гамма - камеры

Предлагаемая модель схемы сбора и предварительной обработки информации для семи ФЭУ, установленных на кристалле сцинтилляторе, состоит из семи спектрометрических трактов и представлена на рис. 1.

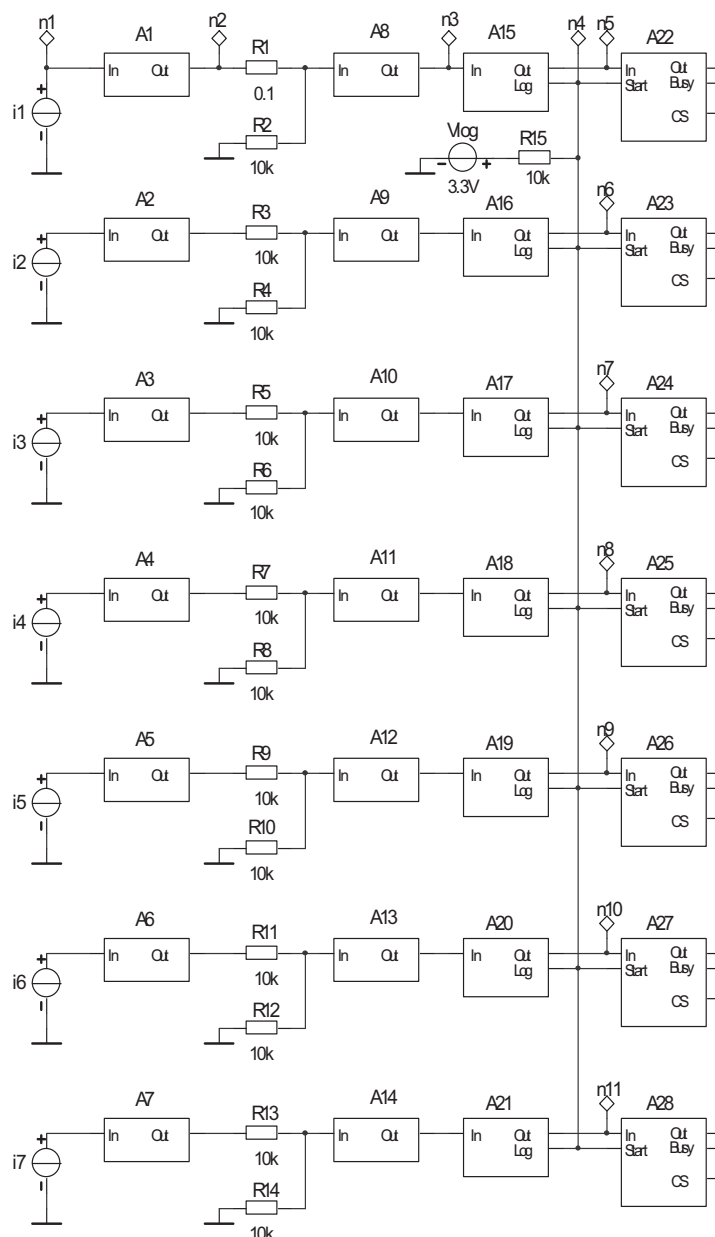


Рисунок 1 – Модель электронного тракта сбора информации цифровой гамма-камеры

В качестве входных сигналов модели используются одинаковые источники тока $i1...i7$ с кусочно-линейной аппроксимацией формы импульсов, которая получена с помощью программного пакета Geant. Сигналы с каждого ФЭУ обрабатываются усилителями-формирователями [2] (УФ) А1...А7, которые обеспечивают:

- согласование высокого выходного импеданса ФЭУ с последующими каскадами спектрометрического тракта;
- укорачивание спадов сцинтилляционных импульсов с целью уменьшения вероятности их наложений;
- предварительное усиление исходного сигнала.

Результаты моделирования входного и выходного сигналов УФ (контрольные точки n1 и n2 на рис. 1) показаны на рис. 2.

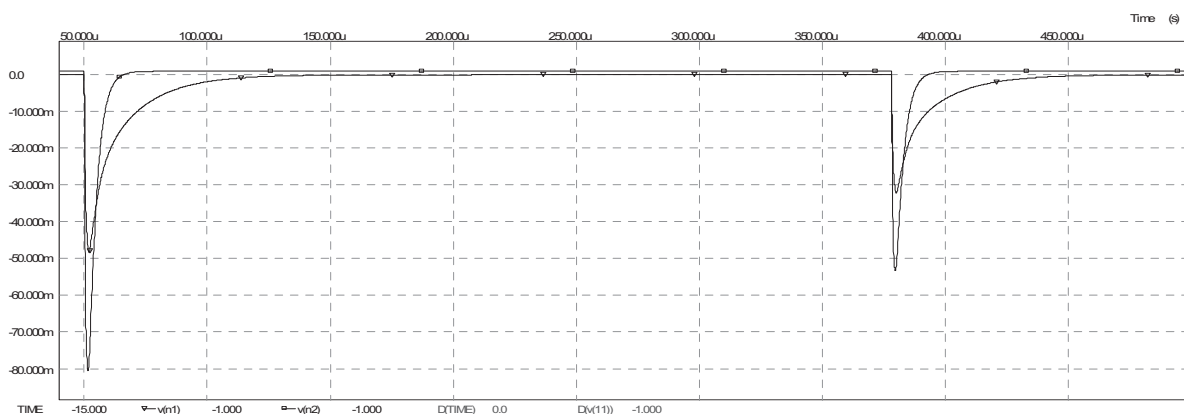


Рисунок 2 – Входной ($v(n1)$) и выходной ($v(n2)$) сигналы УФ

Прохождение света через сцинтиллятор и его потери имитируют резистивные цепи R1...R14, как и в работе [1].

Далее сигналы подаются на масштабирующие усилители А8...А14, выполненные по неинвертирующей схеме с регулируемым коэффициентом передачи, с помощью которых осуществляют точную настройку каждого тракта в энергетическую шкалу.

Затем сигналы поступают на входы аналоговых процессоров А15...А21, реализованных на основе аналогового процессора, предложенного в работе [3] и включающих следующие основные узлы – дискриминатор нижнего уровня, пиковый детектор [4] и стабилизатор исходного уровня. Выходные сигналы этих процессоров подаются на аналого-цифровые преобразователи (АЦП) А22...А28, аналоговые сигналы Out – на вход АЦП, а логические Log, объединенные по схеме “монтажное” ИЛИ запускают одновременную оцифровку всех спектрометрических трактов.

Современные гамма - камеры имеют в ПЧД сцинтиллятор большой площади и, следовательно, большое количество ФЭУ. Поэтому фотоприемники, расположенные на одном крае кристалла могут не обнаружить сигнал, зафиксированный ФЭУ установленными на противоположном крае сцинтиллятора. Этим и обусловлен одновременный запуск оцифровки всех спектрометрических трактов.

Объединение сигналов Log по “монтажному” ИЛИ, в данной модели, выполнено на резисторе R15, подключенного к источнику питания логических элементов Vlog.

На рис. 3 приведен результат моделирования работы аналогового процессора A15 (контрольные точки n3, n4 и n5 на рис. 1).

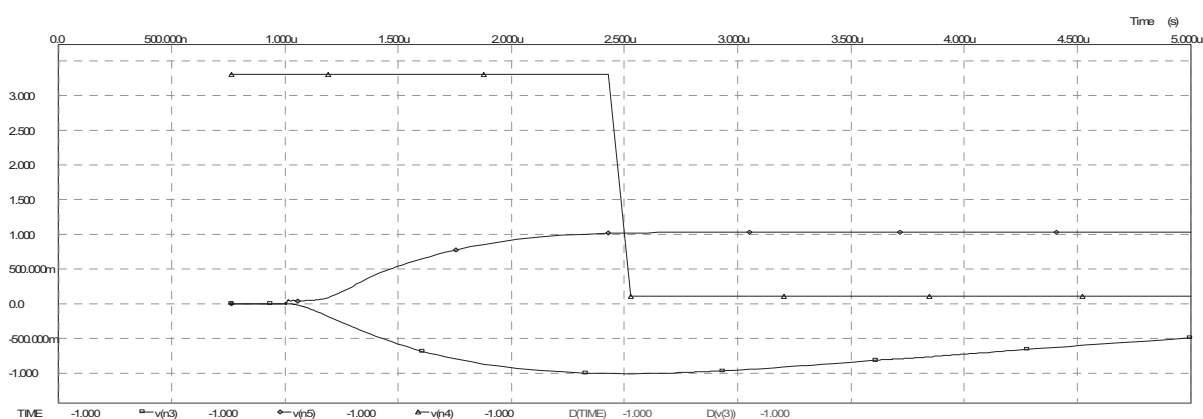


Рисунок 3 – Сигналы $v(n3)$, $v(n4)$ и $v(n5)$ в контрольных точках n3, n4 и n5 соответственно

В программном симуляторе Spice можно получать данные не только в графическом виде, но и в цифровом. Поэтому “работу” АЦП можно представить в табличном виде. На рис. 4 показаны данные оцифровки одного импульса. Такие данные легко транспортируются в математическую среду, например, Mathcad для дальнейшей обработки и уточнения алгоритмов программного обеспечения.

	TIME	v(n5)	v(n6)	v(n7)	v(n8)	v(n9)	v(n10)	v(n11)
214	+52.983u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
215	+52.985u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
216	+52.987u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
217	+52.989u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
218	+52.991u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
219	+52.993u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
220	+52.995u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
221	+52.997u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
222	+52.999u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m
223	+53.000u	+2.798	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m	+927.248m

Рисунок 4 – Цифровые данные моделирования аналогового процессора и АЦП

В приведенной таблице видно, что на время оцифровки напряжение на входе АЦП неизменно, что обеспечивается пиковыми детекторами, входящими в состав аналоговых процессоров. Такое решение позволяет применить интегральные прецизионные АЦП, работающие по алгоритму “последовательного приближения”.

При необходимости использовать число N , получаемое на выходе АЦП, можно воспользоваться следующим выражением:

$$N = \frac{2^n \cdot U}{U_{\max}} \quad (1)$$

где: N – целое число;

n – разрядность АЦП;

U – напряжение на входе АЦП;

U_{\max} – максимальное напряжение шкалы АЦП.

Выводы. Таким образом, предложенная модель электронного тракта цифровой гамма-камеры или компьютерного томографа, имеющих ПЧД, состоящего из сцинтиллятора и большого количества фотоприемников, обеспечивает проверку правильности принятых схемных решений и расчета номиналов пассивных компонентов. Программное моделирование электроники на этапе проектирования исключает макетирование узлов, что ускоряет разработку новой техники и снижает ее стоимость при постановке на производство. Также предложенная модель может быть легко трансформирована для необходимого количества фотоприемников. Модель не связана напрямую с входными сигналами, получаемыми в программном пакете Geant, что позволяет моделировать ПЧД с различными типами фотоприемников (ФЭУ, фотодиоды и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мью Ньют Вин. Электронные модули системы сбора и обработки данных для цифровых гамма-камер: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.05 “Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления” / Мью Ньют Вин.–М., 2007. – 153 с.
2. Мороз Н. Г. Моделирование аппаратных трактов приборов для физики высоких энергий / Н. Г. Мороз // Деп. в ГНТБ Украины 5.12.05, №86-Ук 2005.
3. Мороз Н. Г. Аналоговый процессор для спектрометра ионизирующих излучений / Н. Г. Мороз // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 4(69). – Днепропетровск, 2010. – с. 98 – 104.
4. Патент України на корисну модель № 57997 публ. бюл. № 6 від 25.03.11.