

CAPITULO 6:

COMPARACIÓN DE LOS DISTINTOS MODELOS CREADOS RESPECTO AL DRIVER REAL DR-2.

6.1. *Introducción .*

6.2. *Análisis de precisión de las curvas generadas.*

6.2.1. *Análisis de las características de subida.*

6.2.1.1. *Curvas de subida para el modelo de fuente de control con pendiente simple.*

6.2.1.2. *Curvas de subida para el modelo de fuente de control de tipo piecewise linear (PWL).*

6.2.1.3. *Curvas de subida para el modelo de resistencias variables trabajando con 10 puntos deseados a la salida.*

6.2.1.4. *Curvas de subida para el modelo de resistencias variables trabajando con 100 puntos deseados a la salida.*

6.2.2. *Análisis de las características de bajada.*

6.2.2.1. *Curvas de bajada para el modelo de fuente de control con pendiente simple.*

6.2.2.2. *Curvas de bajada para el modelo de fuente de control de tipo piecewise linear (PWL).*

6.2.2.3. *Curvas de bajada para el modelo de resistencias variables trabajando con 10 puntos deseados a la salida.*

6.2.2.4. *Curvas de bajada para el modelo de resistencias variables trabajando con 100 puntos deseados a la salida.*

6.3. *Análisis del tiempo de simulación en HSPICE de los modelos creados.*

6.4. *Conclusiones.*

6.1. Introducción.

Una vez desarrollados todos los modelos resulta fundamental hacer una comparación respecto a un driver real, con objeto de comprobar la precisión de las salidas generadas así como el tiempo de simulación empleado.

El circuito de referencia real que va a ser utilizado se denomina DR-2, facilitado por la compañía Siemens, del que se dispone tanto de su fichero IBIS como de su listado completo en HSPICE¹. Este hecho justifica el haber creado el código HSPICE de cada uno de los modelos, ya que va a permitir realizar todo el análisis que a continuación se expone.

A título orientativo, el circuito DR-2 contiene, entre otros componentes, 129 transistores MOSFET, lo que hace una idea de la complejidad de la estructura que está siendo modelada.

¹ Al igual que el DR-1, este es un modelo comercial por lo que es necesario cambiar su nombre y no mostrar alguna información (irrelevante para el Proyecto).

6.2. Análisis de precisión de las curvas generadas.

En cada uno de los capítulos en que se analizan modelos ya se ha discutido sobre la precisión con la que el diseño ha sido concebido, de forma que es posible controlar el error que se comete. Sin embargo es quizás mediante un análisis gráfico la mejor forma de comprobar los resultados, ya que se observan todos los puntos simultáneamente y además referenciados al comportamiento ideal que se pretende modelar.

A continuación van a ser mostrados los resultados que se obtienen al realizar las simulaciones HSPICE de cada uno de los modelos, tanto su característica de subida como de bajada, y compararlos respecto al driver DR-2. Todos los ficheros HSPICE a partir de los que se han realizado las simulaciones se encuentran listados en el **apéndice 3**.

Los valores de tiempo (t) y tensión (V) que se encuentran resaltados en cada figura corresponden a la salida del modelo y tienen como objeto poder ser comparados con la característica ideal descrita en el fichero IBIS del modelo real. Este fichero se encuentra listado en el **apéndice 1**.

6.2.1. Análisis de las características de subida.

6.2.1.1. Curvas de subida para el modelo de fuente de control con pendiente simple.

En la figura 6.1 se observa la relación entre la tensión de control (V_x) con la salida del circuito, donde la pendiente de subida para V_x ha sido obtenida aplicando la rutina **pls_r.m** creada en MATLAB.

La figura 6.2 muestra el comportamiento que ya se predijo en la fase de diseño, esto es, el modelo reproduce con mucha calidad la pendiente del driver real, aunque da lugar a un tiempo de subida más corto ya que no considera que en los extremos las curvas reales suelen suavizarse.

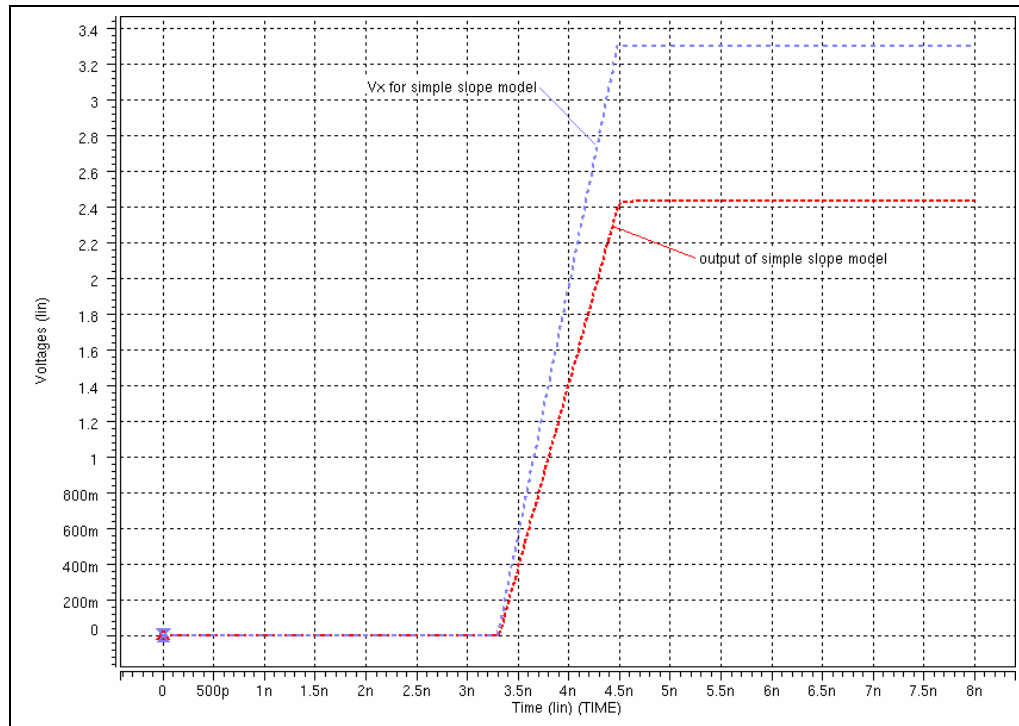


Figura 6.1: Salida y fuente de control para modelo de pendiente simple.

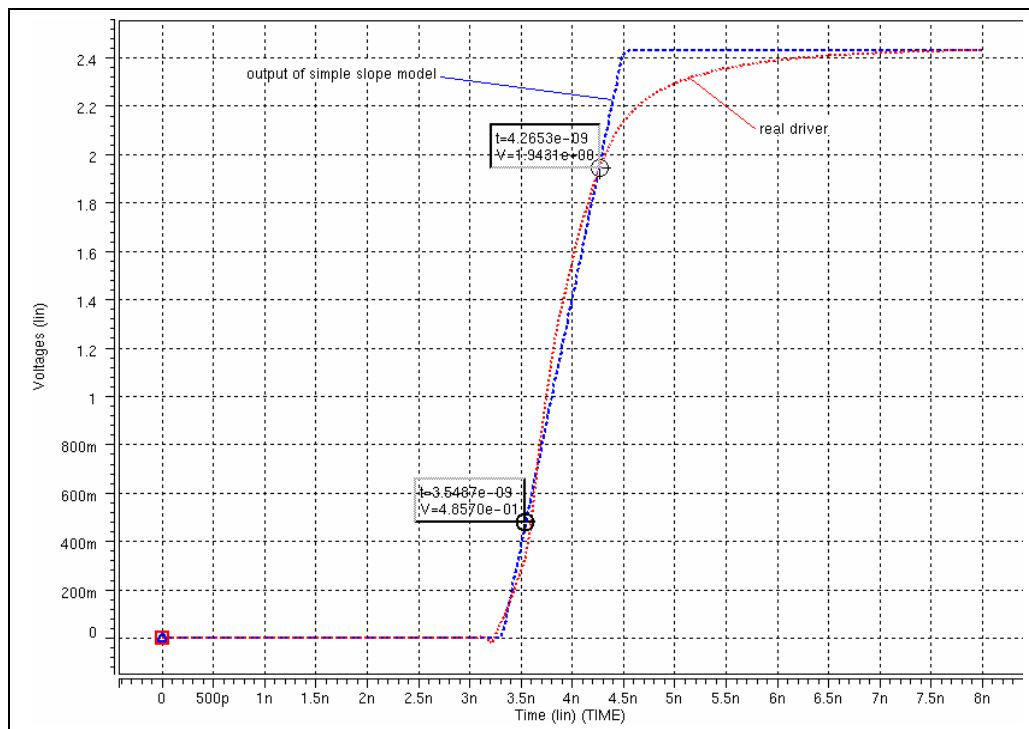


Figura 6.2: Comparación entre salida de modelo con pendiente simple y driver real.

6.2.1.2. Curvas de subida para el modelo de fuente de control de tipo piecewise linear (PWL).

La figura 6.3 muestra la relación entre la fuente de control poligonal de este modelo con la salida del mismo. Los valores para la fuente de control han sido calculados utilizando la función **pwl_r.m** a de MATLAB.

En la figura 6.4 se comprueba la precisión que es posible alcanzar con este modelo trabajando con sólo 10 puntos deseados a la salida. Resulta importante forzar a la función **pwl_r.m** a trabajar con valores deseados a la salida (Vdesr) que caractericen significativamente el comportamiento a modelar; una limitación de esta función es que ha de trabajar con una secuencia de valores deseados (Vdesr) que ha de ser creciente.

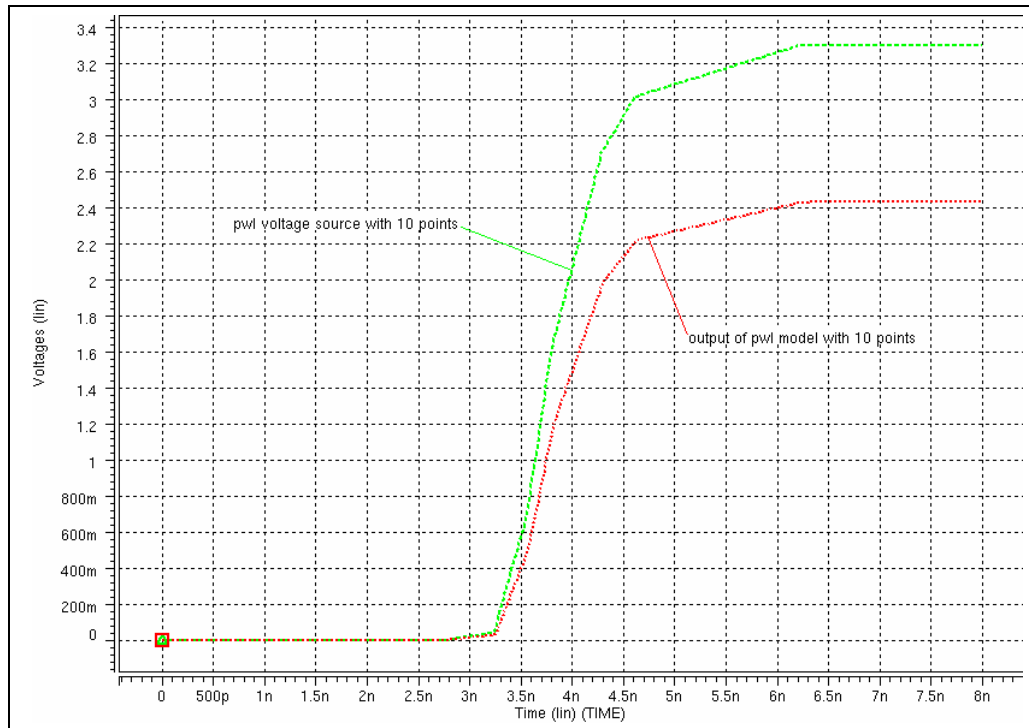


Figura 6.3: Salida y fuente de control para modelo pwl.

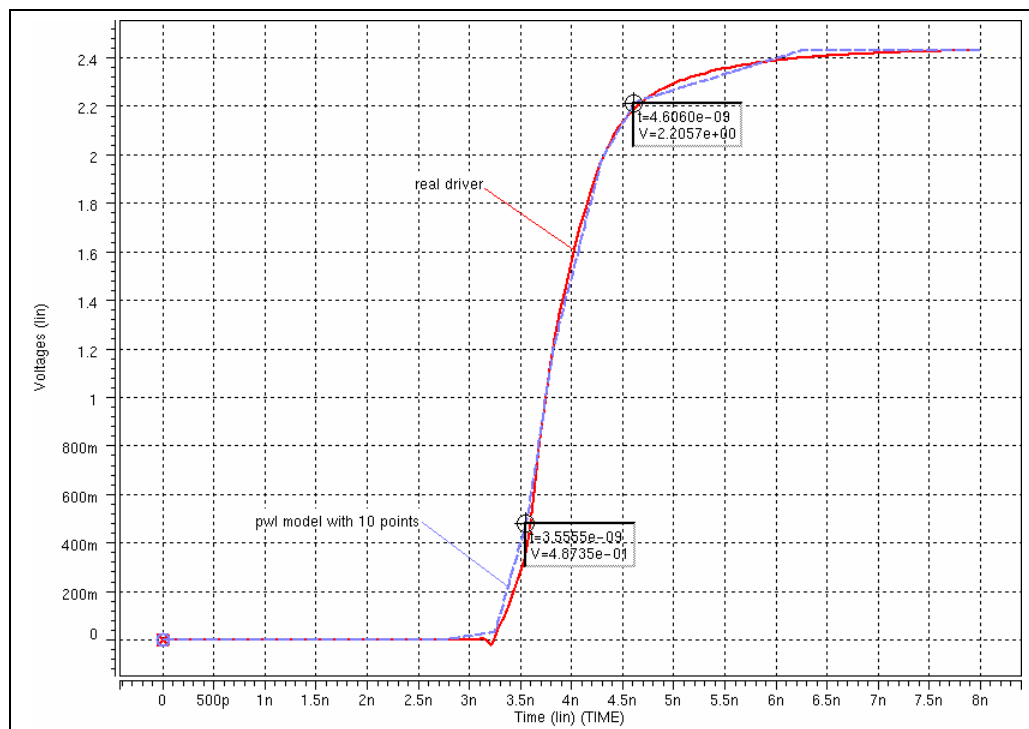


Figura 6.4: Comparación entre modelo pwl y driver real.

6.2.1.3. Curvas de subida para el modelo de resistencias variables trabajando con 10 puntos deseados a la salida.

La figura 6.5 muestra las fuentes de control del comportamiento dinámico del modelo, $lkpur$ e $lkpdr$. Este comportamiento está determinado por las salidas que genera la función **lkpd_r.m** de MATLAB, tal y como ya fue descrito en el capítulo anterior.

La figura 6.6 ha sido generada forzando a la función MATLAB $lkpd_r.m$ a trabajar con los mismos 10 puntos deseados a la salida que en el caso del modelo pwl . Si se comparan ambos resultados se observa una gran similitud, por lo que para la elección de un modelo u otro habrá que tener en cuenta otras consideraciones, como puede ser el tiempo de simulación. Esto será discutido en apartados posteriores.

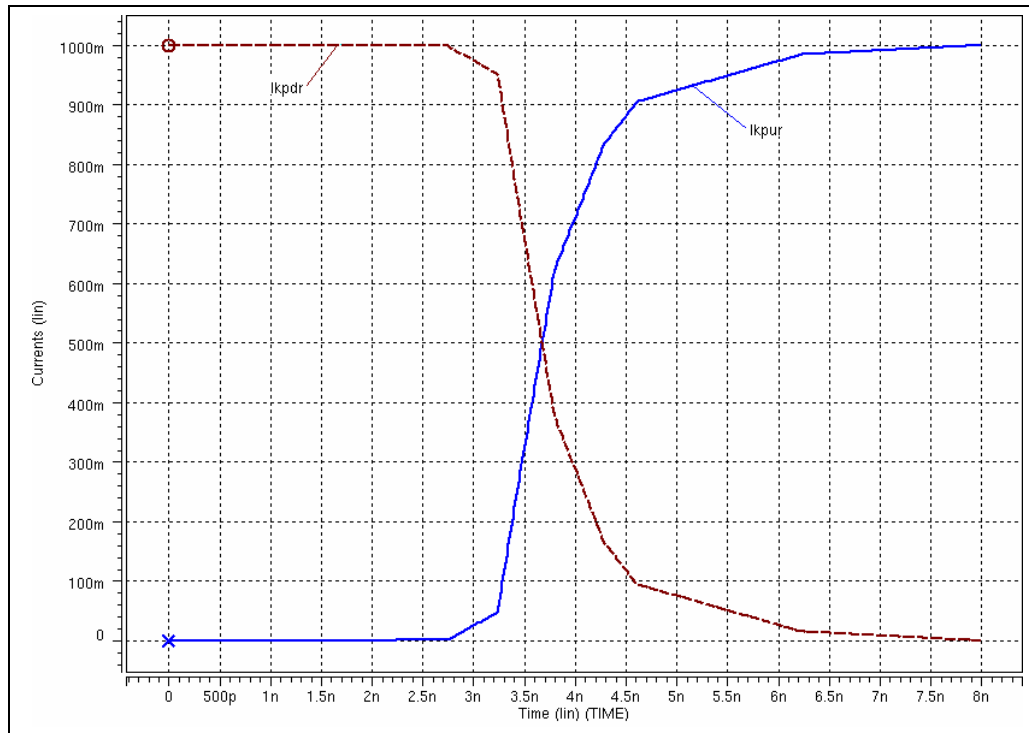


Figura 6.5: Fuentes Ikpur e Ikpdr, obtenidas con 10 puntos.

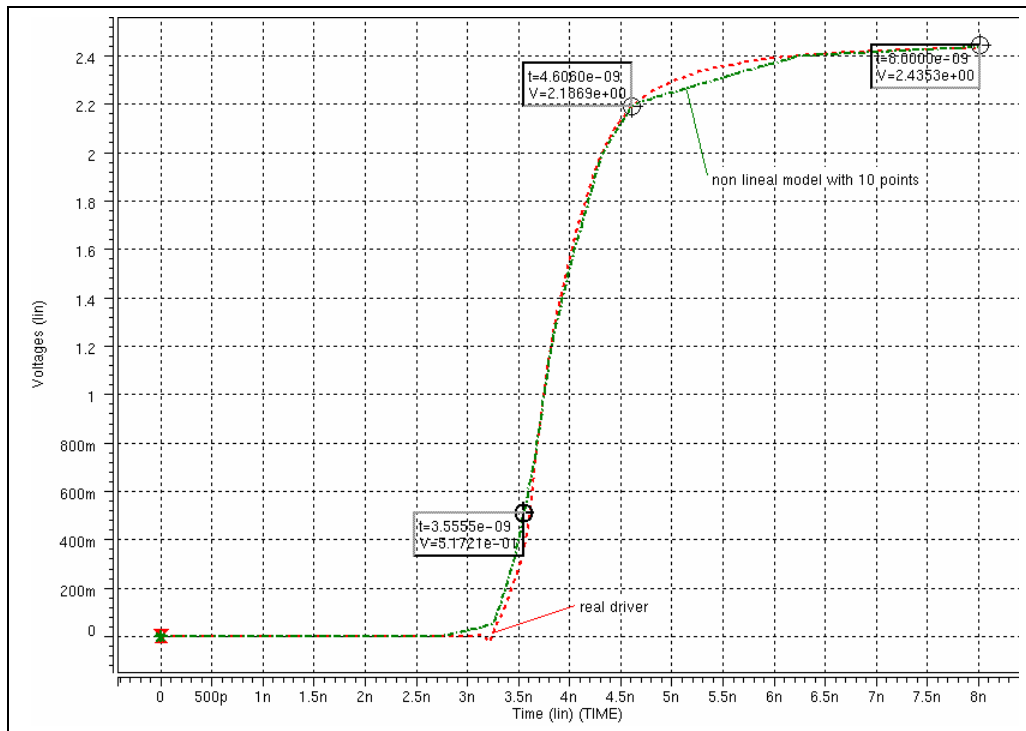


Figura 6.6: Comparación entre modelo no lineal con 10 puntos y driver real.

6.2.1.4. Curvas de subida para el modelo de resistencias variables trabajando con todos los puntos disponibles a la salida.

La figura 6.7 muestra las fuentes de control del comportamiento dinámico del modelo cuando se trabaja con 100 puntos, es decir, la totalidad de valores que facilita el fichero IBIS. Este comportamiento está determinado por las salidas que genera la función **lkpd_r.m** de MATLAB, tal y como ya fue descrito en el capítulo anterior. Se puede comparar que la gráfica es exactamente igual a la mostrada en la figura 5.3, así pues el modelado en HSPICE del resultado MATLAB es correcto.

Como se muestra en la figura 6.8, el modelo de resistencias variables es el más preciso. Es capaz de reproducir, trabajando con un número de puntos suficiente, la curva deseada casi a la perfección.

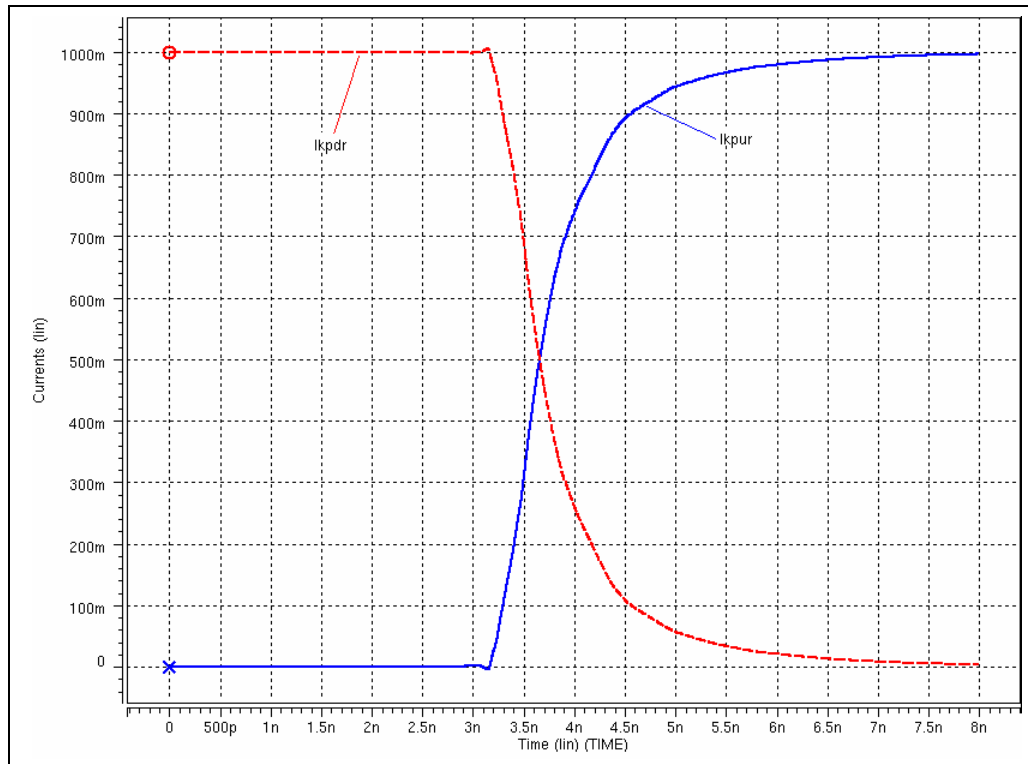


Figura 6.7: Fuentes Ikpur e Ikpdr, obtenidas con 100 puntos.

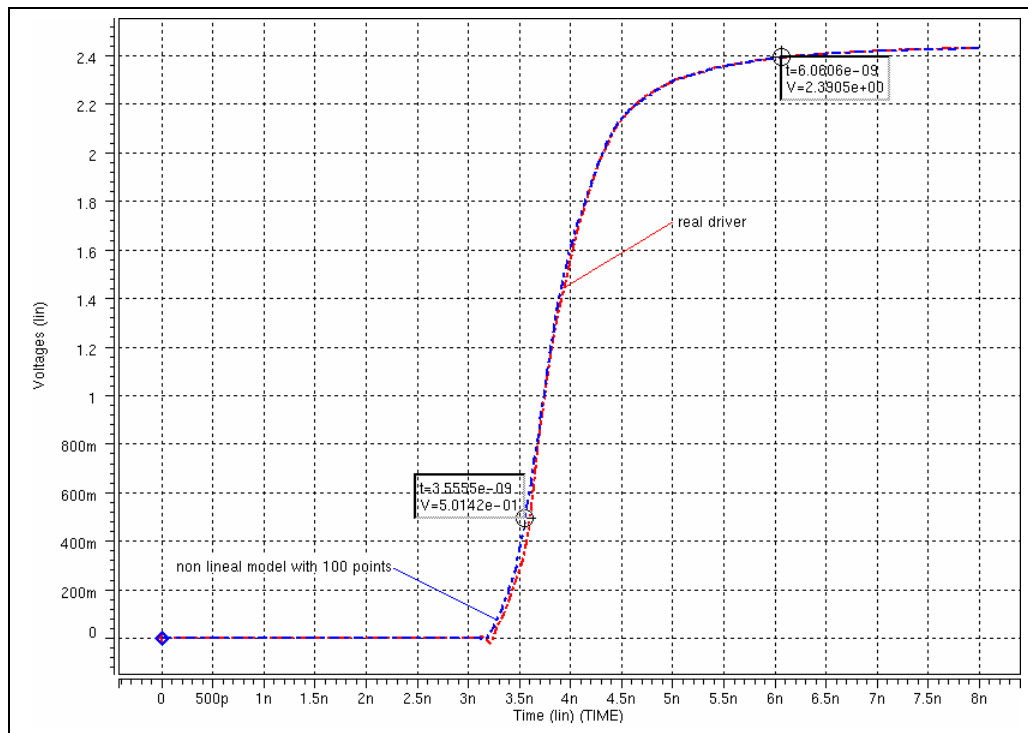


Figura 6.8: Comparación entre modelo no lineal con 100 puntos y driver real.

6.2.2. Análisis de las características de bajada.

6.2.2.1. Curvas de bajada para el modelo de fuente de control con pendiente simple.

En la figura 6.9 se observa la relación entre la fuente de control del modelo con la salida que se genera, donde la pendiente de bajada para V_x ha sido obtenida aplicando la rutina **pls_f.m** creada en MATLAB .

La figura 6.10 muestra como el modelo reproduce con mucha calidad la pendiente del driver real, aunque da lugar a un tiempo de bajada más corto ya que no considera que en los extremos las curvas reales suelen suavizarse .

En general, el comportamiento es análogo al conseguido con este modelo en el cálculo de la característica de subida.

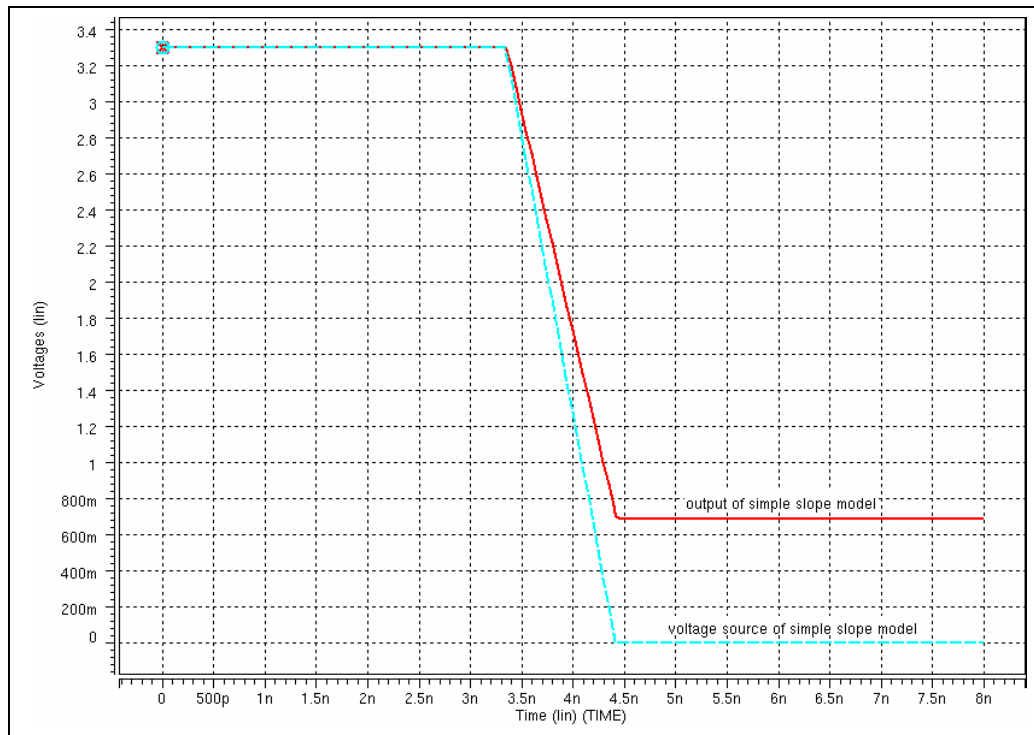


Figura 6.9: Salida y fuente de control para modelo de pendiente simple.

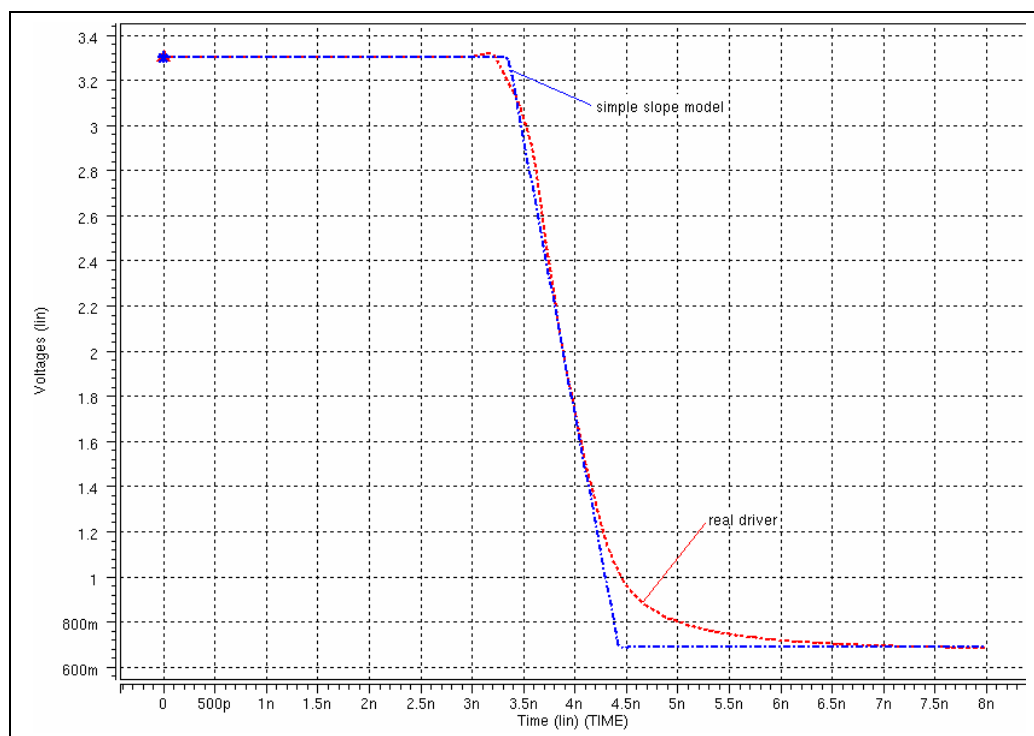


Figura 6.10: Comparación entre salida de modelo con pendiente simple y driver real

6.2.2.2. Curvas de bajada para el modelo de fuente de control de tipo *piecewise linear (PWL)*.

La figura 6.11 muestra la relación entre la fuente de control poligonal de este modelo con la salida del mismo. Los valores para la fuente de control han sido calculados utilizando la función **pwl_f.m** a de MATLAB.

En la figura 6.12 se comprueba el resultado trabajando con 10 puntos deseados a la salida, que se toman del fichero IBIS en la palabra reservada [Falling Waveform].

Los resultados no parecer ser tan precisos como los conseguidos con la función análoga de subida. Esto es debido al mismo problema comentado con la figura 6.4, y es que es importante elegir adecuadamente los valores de entrada (V_{desf}) a la función MATLAB para caracterizar la curva. Si no es así es posible que algunos puntos se desvien bastante sobre el valor deseado.

De nuevo, una limitación de este modelo es que ha de trabajar con una secuencia de valores deseados (V_{desf}) que ha de ser decreciente.

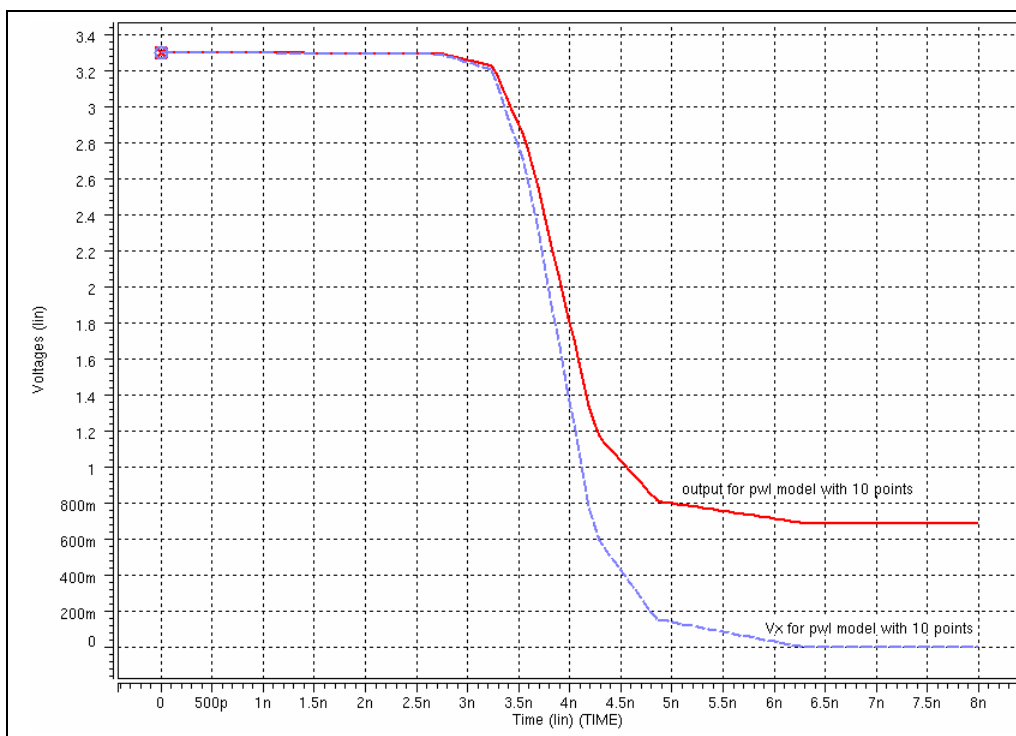


Figura 6.11: Salida y fuente de control para modelo pwl (bajada).

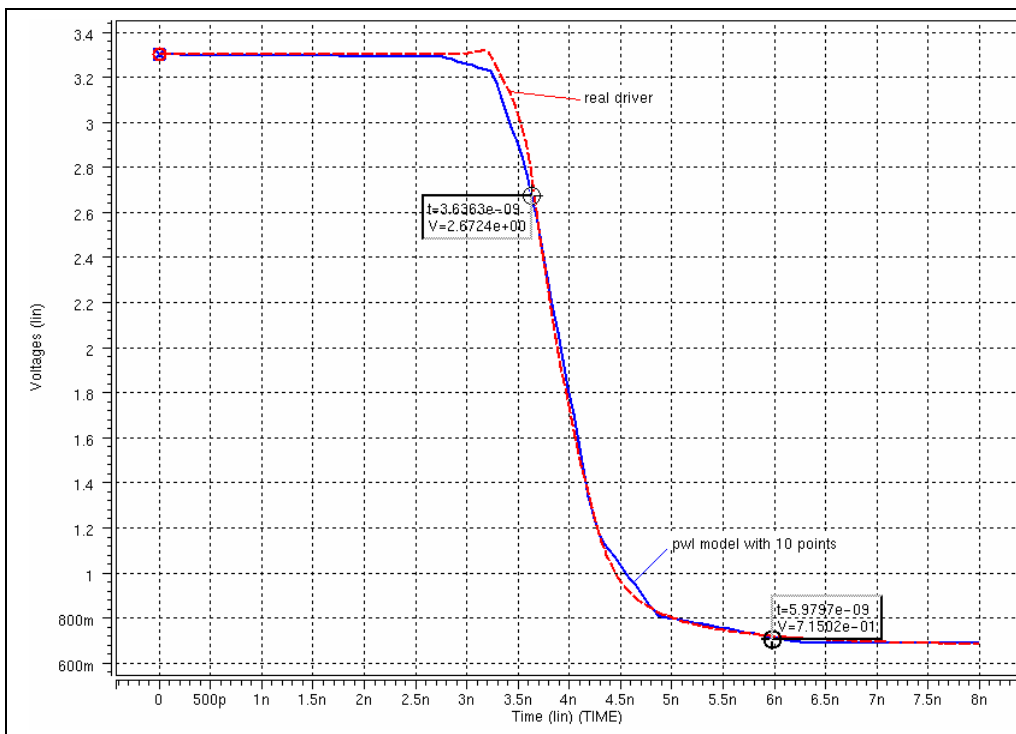


Figura 6.12: Comparación entre modelo pwl y driver real (bajada).

6.2.2.3. Curvas de bajada para el modelo de resistencias variables trabajando con 10 puntos deseados a la salida.

La figura 6.13 muestra las fuentes de control lk_{pur} e lk_{pdr} . Como es sabido, este comportamiento está determinado por las salidas que genera la función **lkpd_f.m** de MATLAB..

En la figura 6.14 se obtiene la curva de salida con los mismos diez puntos deseados a la salida que en el caso del modelo pwl . Los resultados obtenidos entre ambos modelos son bastante similares, por lo que la elección entre uno y otro vendrá marcada por otros factores que se discutirán más adelante.

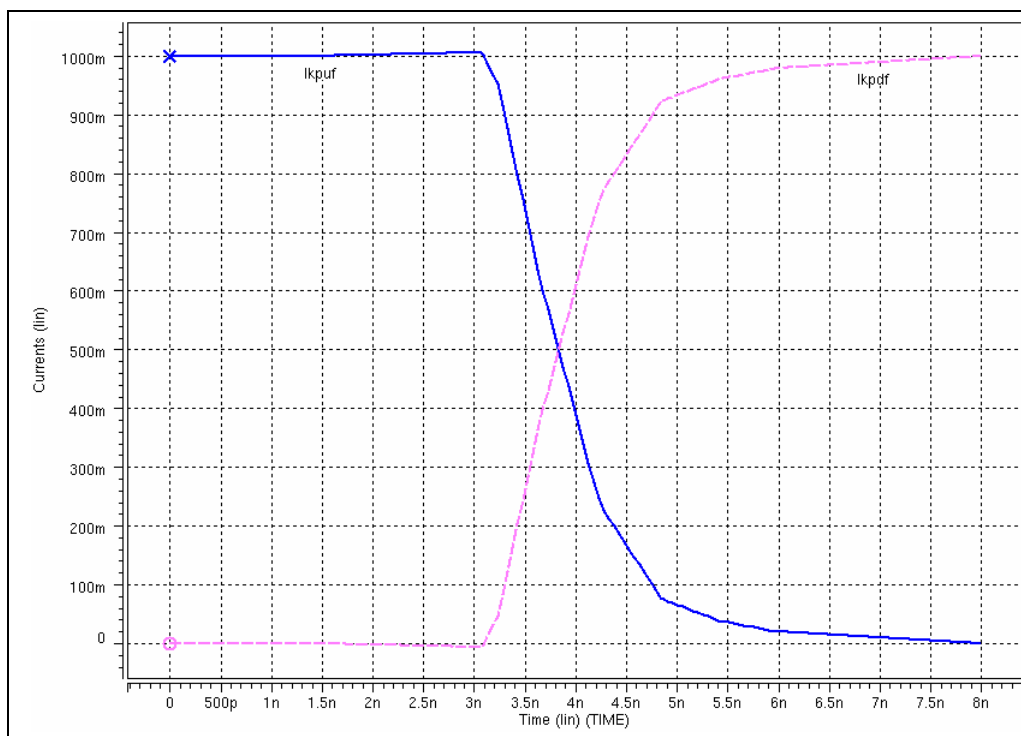


Figura 6.13: Fuentes Ikpuf e Ikpdr, obtenidas con 10 puntos (bajada)

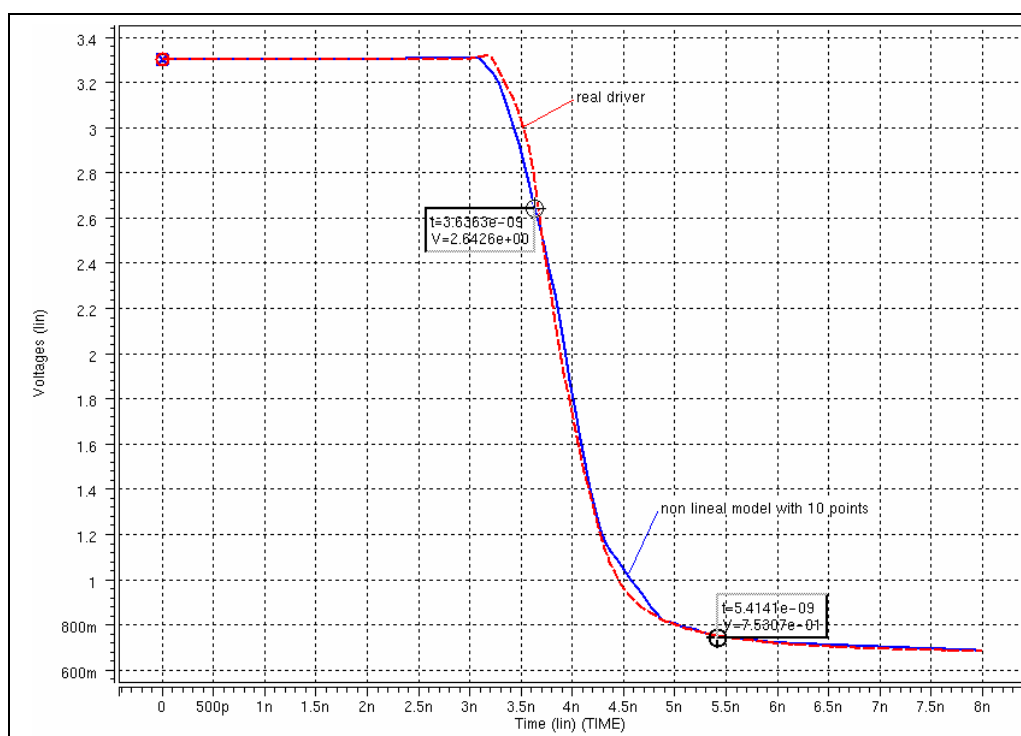


Figura 6.14: Comparación entre modelo no lineal con 10 puntos y driver real (bajada).

6.2.2.4. Curvas de bajada para el modelo de resistencias variables trabajando con todos los puntos disponibles a la salida.

La figura 6.15 muestra la evolución de las fuentes de corriente I_{kpuf} e I_{kpdf} al trabajar con el máximo número de puntos disponibles en el fichero IBIS. Estas intensidades de control son generadas por la función **lkpd_f.m** de MATLAB, tal y como ya fue descrito en el capítulo anterior. Este resultado es exactamente igual al que se muestra en la figura 5.4, así pues de nuevo el modelado en HSPICE de la salida MATLAB es correcta.

Tal y como se espera, los resultados en cuanto a precisión que ofrece el modelo de resistencias variables son los mejores. La figura 6.16 muestra como es capaz de reproducir casi sin error la salida generada por el driver real.

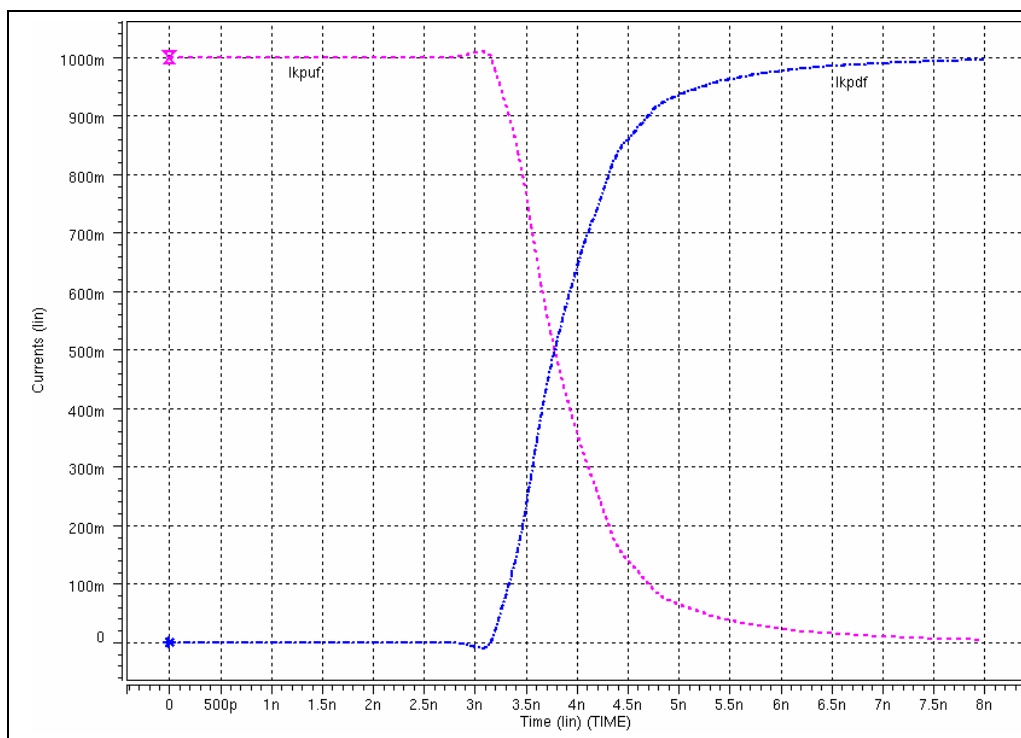


Figura 6.15: Fuentes I_{kpuf} e I_{kpdr} , obtenidas con 100 puntos (bajada).

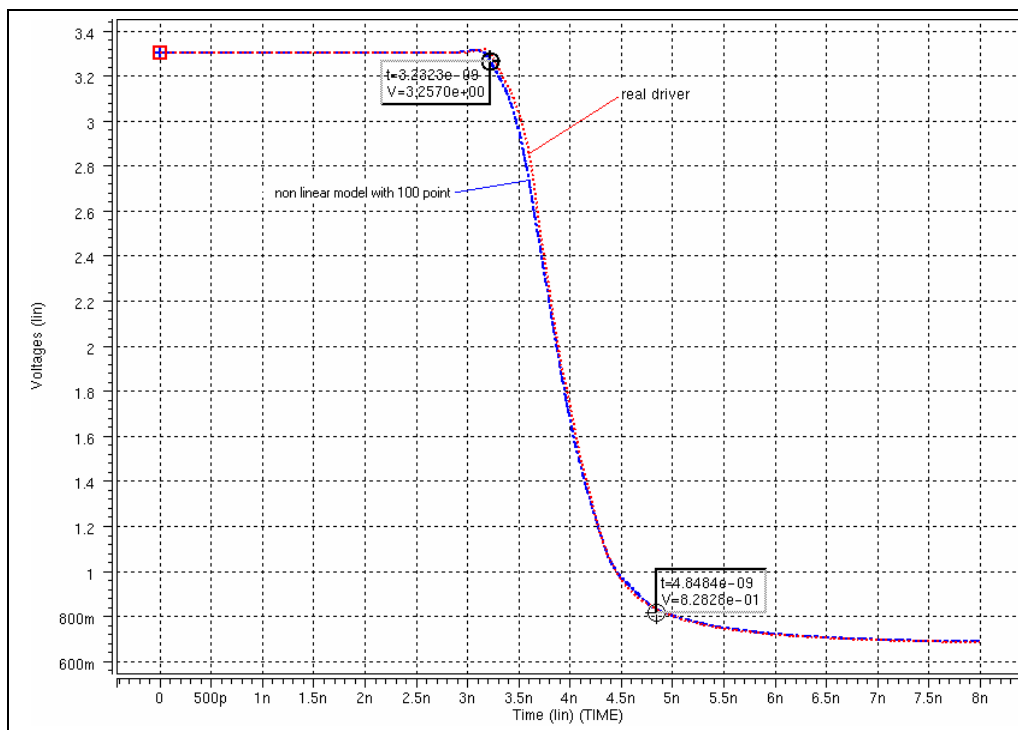


Figura 6.16: Comparación entre modelo no lineal con 100 puntos y driver real (bajada).

6.3. Análisis del tiempo de simulación en HSPICE de los modelos creados.

Uno de los objetivos planteados al inicio del Proyecto es conseguir modelos operativos, de forma que reduzcan significativamente el tiempo de simulación respecto al circuito real; solamente en ese momento es factible plantear la sustitución del driver por su modelo.

A continuación se va a realizar un estudio del tiempo de simulación en HSPICE de cada uno de los modelos. El criterio que se ha seguido para poder comparar las simulaciones consiste en la realización de análisis transitorios en cada uno de los circuitos, en los que se verifica que:

- La simulación comienza en cero ($START = 0$).
- La simulación analiza el comportamiento transitorio durante 8 ns ($STOP = 8ns$).
- El intervalo entre puntos, *time step*, es de 0.01ns ($STEP = 0.01$ ns).

Los resultados obtenidos son los siguientes:

CARACTERÍSTICA DE SUBIDA		
Circuito	Tiempo CPU total (seg.)	% Respecto al driver real
<i>Circuito real</i>	12.32	100
<i>Modelo no lineal (100 ptos.)</i>	1.35	10.95
<i>Modelo no lineal (10 ptos.)</i>	0.89	7.22
<i>Modelo de fuente pwl</i>	0.55	4.46
<i>Modelo pendiente simple</i>	0.53	4.30

Tabla 6.1: Tiempo de simulación en HSPICE de los modelos (característica de subida).

CARACTERÍSTICA DE BAJADA		
Circuito	Tiempo CPU total (seg.)	% Respecto al driver real
<i>Circuito real</i>	12.99	100
<i>Modelo no lineal (100 ptos.)</i>	1.60	12.32
<i>Modelo no lineal (10 ptos.)</i>	0.91	7.08
<i>Modelo de fuente pwl</i>	0.61	4.70
<i>Modelo pendiente simple</i>	0.60	4.62

Tabla 6.2: Tiempo de simulación en HSPICE de los modelos (característica de bajada).

6.4. Conclusiones.

Las tablas 6.1 y 6.2 ofrecen unos resultados bastante similares, por lo que pueden ser analizadas de manera conjunta.

Resulta obvio que el empleo de modelos para sustituir al driver real está justificado desde el punto de vista del tiempo de simulación, ya que como mínimo se reduce éste en casi un 90 %.

Como se observa en las tablas, el tiempo de CPU total que emplean los modelos disminuye a medida que lo hace la complejidad de los mismos. La reducción de tiempo respecto al circuito original va a depender de la estructura de éste.

En el análisis de precisión de las curvas se comprobó como las salidas generadas por el modelo no lineal y el modelo de fuente pwl, trabajando con 10 puntos, eran muy parecidas. En el estudio del tiempo de simulación se observa que el modelo de fuente pwl se comporta significativamente mejor, por lo que resultará más interesante que el otro en aplicaciones en las que se quiera modelar la evolución de la señal con el tiempo.

Para la elección entre unos modelos y otros habrá que tener en cuenta tanto el comportamiento propio de los modelos, tal y como se ha hecho en este capítulo, como la complejidad que supone obtener los valores de sus componentes. Por ello el modelo de pendiente simple resulta de gran utilidad.

El modelo no lineal (resistencias variables) es el más apropiado en casos en que se quieran realizar simulaciones con gran precisión. El mayor inconveniente del mismo es que, como ya se indicó, se basa principalmente en la información descrita con [Rising Waveform] y [Falling Waveform], sin embargo estas palabras reservadas no son de uso obligatorio en IBIS.