

Техническое задание по этапу 2.1 программы редактирования G-кода

Введение

Мы занимаемся печатью домов на строительном 3д принтере, а так же продажей принтеров. Принтер управляется ЧПУ контроллером с помощью G-кода. Для генерации кода исполняемой программы (G-код), мы используем популярный слайсер, но он сделан для настольных принтеров и печати пластиком, нам же нужны некоторые корректировки в получаемом G-коде. Эти корректировки хотим сделать с помощью дополнительной программы, в полуавтоматическом режиме, разработанной с нуля и оформленной в фирменном стиле, с возможностью запуска на различных ОС. Слайсер на выходе даёт исполняемый G-код, по сути это структурированный текстовый файл. Если грубо - надо поменять некоторые строки местами, посчитать длину пробега, просуммировав координаты, вставить в нужные места шаблонные заготовки. Для удобства использования нужно чтобы код исполняемой программы отображался линиями, была возможно послойно перемещаться, "перематывать" и "воспроизводить", показывался и сам код при этом.

Данная программа на текущем этапе является фактически, оболочкой будущей программы, которая может показать только внешний вид будущего продукта. Программа включает в себя верхнее меню, область графического представления кода, область исходного кода, ползунок перемещения по слоям. Ориентировочный внешний вид показан в Приложении 2. Операционная система на данном этапе – Windows. Язык программирования Delphi. Графическая часть реализована на игровом движке GLScene. Весь исходный код является нашей собственностью, его передача обязательна вместе с выполненным заказом.

Понятие G-кода

G-код это язык программирования станков с числовым программным управлением. Он выглядит как текстовый файл, имеющий строгую структуру. Принтер, во время печати, переходит последовательно от строки к строке, передвигая печатающую головку последовательно, согласно координатам (от координаты к координате), указанным в тексте программы. В нашей компании на данный момент используются не все существующие команды G-кода, а фактически только две – G0 и G1, с учётом этого и следует вести разработку программы. M-коды и комментарии игнорируются полностью, остаются в тех слоях/блоках/строках, где они и были и которым они логично принадлежат. Строка, начинающаяся с «;» это комментарий. Команда G – это режим работы, G1 – режим печати, G0 – холостой ход. Fxxx – задание скорости, Xxxx, Yxxx, Zxxx – координаты в трёхмерном пространстве станка. Программа выполняется последовательно, таким образом, координата начала текущей кривой содержится в последней строке, начинающейся с G0. Пример:

```
;LAYER: 0 (1)
G0 F900 Z75.000
;MESH:GHouse88_1floor07.obj
G0 F7200 X4958.52 Y8330.816 Z75.000 (2)
;TYPE:WALL-OUTER
G0 F900 Z25.000

M03
G1 F6000 X6676.45 Y8330.818 Z25.000 (3)
G1 F6000 X6676.449 Y8889.743 Z25.000
G1 F6000 X6776.449 Y8889.743 Z25.000
G1 F6000 X6776.449 Y9029.74 Z25.000
G1 F6000 X6536.448 Y9029.74 Z25.000
G1 F6000 X6536.45 Y8470.816 Z25.000
G1 F6000 X4958.52 Y8470.816 Z25.000
```

```

G1 F6000 X4958.52 Y8434.934 Z25.000
G1 F6000 X4980.347 Y8434.934 Z25.000
G1 F6000 X4980.347 Y8365.192 Z25.000
G1 F6000 X4958.52 Y8365.192 Z25.000
G1 F6000 X4958.52 Y8330.816 Z25.000      (4)
M05
M01

```

```

G0 F900 Z75.000
G0 F7200 X4905.085 Y8395.518 Z75.000    (5)
G0 F900 Z25.000

```

(1) – метка начала нового слоя

(2) – координата точки (X4958.52 Y8330.816), в которую пришёл станок перед началом печати

(3) – начало печати (красная линия)

От точки (4) до (5) холостой проход (голубым цветом)

Можно заметить, что между точками (2) и (3) – разная высота (координата Z). Дело в том, что на время холостых проходов происходит подъём по высоте. На виде сверху это учитывать не нужно.

Алгоритм и основные принципы

Суть второго этапа сводится к добавлению функционала, позволяющего изменять места начала печати в блоке, образующим замкнутую фигуру. То есть печать одного блока – фигуры, которая печатается без холостых пробегов, и у которой точка начала печати совпадает с точкой окончания – состоит, например из пяти строк. Вся суть состоит в том, чтобы менять первую строку в блоке, не меняя при этом очередности следования этих строк. Лучше всего это рассмотреть на примере, ниже.

Предположим, что у нас есть следующая замкнутая фигура (Рис. 1). Мы можем нарисовать её, перейдя к некой точке, принадлежащей этой фигуре, холостым пробегом (командой G0), а затем последовательно двигаясь от точки к точке (командой G1).

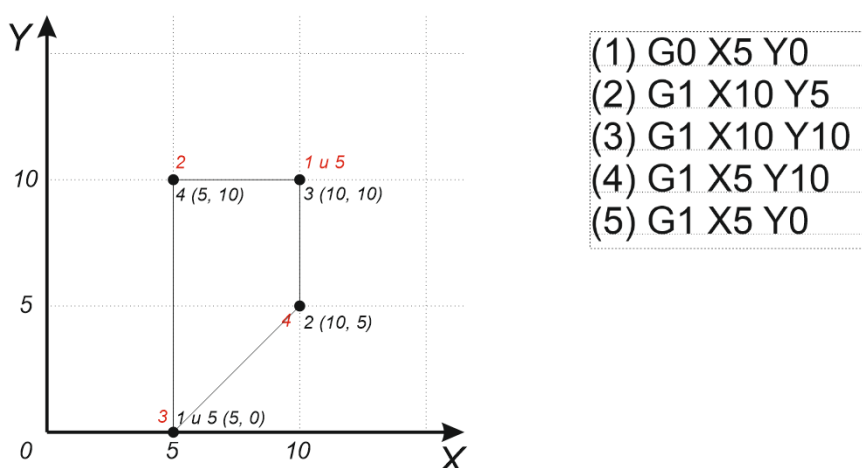
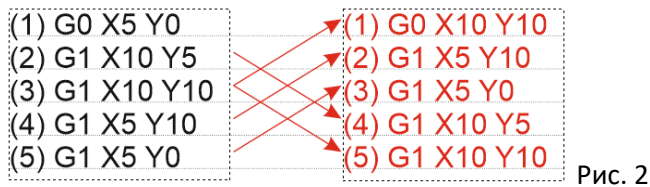


Рис. 1. Чёрная нумерация для старого порядка следования, красная – для нового.

Допустим, что сейчас мы начинаем движение от точки (5, 0) но хотим начинать с точки (10, 10). Тогда порядок следования строк в G-коде следует изменить таким образом (Рис. 2):



Алгоритм такой перестановки следующий:

п.1). Ставим новую строку на место первой, начинающейся с G0.

В тексте программы первую старую строку можно найти по тому, что она будет

```

G0 F900 Z1100.000
G0 F7200 X7482.333 Y2776.211 Z1100.000
G0 F900 Z1050.000
M03
G1 F6000 X7482.333 Y2652.977 Z1050.000
G1 F6000 X7382.333 Y2652.977 Z1050.000
G1 F6000 X7382.335 Y2513.957 Z1050.000
G1 F6000 X7482.335 Y2513.957 Z1050.000
G1 F6000 X7482.335 Y2436.211 Z1050.000
G1 F6000 X7732.335 Y2436.211 Z1050.000
G1 F6000 X7732.335 Y2336.211 Z1050.000
G1 F6000 X7822.335 Y2336.211 Z1050.000
G1 F6000 X7822.335 Y2436.211 Z1050.000
G1 F6000 X7922.335 Y2436.211 Z1050.000
G1 F6000 X7922.333 Y2776.211 Z1050.000
G1 F6000 X7482.333 Y2776.211 Z1050.000
M05
M01

```

последней, содержащей координаты X и Y, перед блоком с G1

Обратите внимание, что строк с координатами X и Y, в блоке G0 – может быть несколько (сложная траектория холостого прохода). Поэтому нужна именно последняя. Так же нельзя привязаться к показателю скорости F7200, так как он тоже может изменяться. Таким образом, правильно привязываться именно к наличию в строках блока G0 координат X и Y и выбирать из этих строк самую последнюю.

п.2). Следующей новой строкой (теперь начинается с G1) ставим ту, которая была следующей для старой.

п.3). Если в старом блоке G1 больше нет строк, то следующей новой строкой ставим ту, которая в старом блоке G1 была первой.

п.4). Повторяем п.2) алгоритма до тех пор, пока не пройдём строку, которая теперь новая первая (напомню, что фактически она размещена на последней позиции с координатами X и Y, предшествующего блока G0).

п.5). Как только прошли строку, которая теперь новая первая и, соответственно, поставили её ещё раз, только уже на последнюю позицию, алгоритм выполнен.

Задачи этапа 2.1

Верхнее меню

Остаётся без изменений.

Графическое окно

1. Передвижение смещением должно происходить не по нажатию и удержанию ЛКМ, а по нажатию и удержанию колёсика мыши.

2. Масштабирование на курсор сейчас работает относительно центра экрана. Если курсор находится от некой точки, принятой в данном масштабе за центр, то при приближении на один шаг изображение смещается на расстояние от курсора до этого центра и в направлении курсора относительно центра. Может в нюансах я ошибаюсь, но принцип полагаю такой. Надо так – при команде отмасштабироваться на один шаг, центром масштабирования становится точка в области вывода изображения, куда в данный момент указывал курсор. Соответственно если курсор находится вне области вывода изображения (в

том числе и на линейках), то масштабирования при вращении колеса мыши не происходит. Принцип одинаковый что для отдаления, что для приближения. См. Video1_02. Если при масштабировании изображение уходит за границы экрана, то надо что бы изображение само корректировалось и такая возможность была исключена. По запросу предоставлю разъяснительное видео.

3. В графическом окне при наведении мышью на красную или синюю линию, она подсвечивается на то время, пока мышь находится на линии. При этом, чтобы было легче попасть на линию, зона, где считается, что мышь наведена на линию толще, чем сама линия – на три пикселя (если принять за один пиксель ширину синей линии) для синей линии и на семь пикселей для красной. Подсветка происходит утолщением линии – на три пикселя. При этом, если красная и синяя линии перекрываются, то подсвечивается синяя, так как она выше по слою. Но, так как активная зона для выделения синей линии шириной 4 пикселя, а для красной – 9 (так как изначально синяя линия толщиной 1 пиксель, а красная – 2), то мы можем выделить отдельно синюю, отдельно красную в местах, где они перекрываются друг другом.

4. При двойном щелчке ЛКМ по выделенному отрезку происходит переход курсора области G-кода в то место, где находится строка, формирующая эту линию. Так же происходит подсвечивание отрезка, как описано в задаче 7 (раньше вы делали это зелёным).

5. Чёрные квадратики, обозначающие начало печати блока, можно перемещать по красной линии того блока, к которому он относится, зажатием на нём ЛКМ. На данном этапе это относится только к замкнутым линиям печати. Незамкнутые линии остаются неактивными. Когда чёрный квадратик зажат левой кнопкой мыши, происходит подсветка (выделение) всего блока, к которому он относится, что означает переход в режим редактирования точек старта печати. Если никаких изменений не произведено, то отпускание ЛКМ означает выход из этого режима. В этом режиме подсветка отрезков линий, описанная в задаче 1, а так же подсветка выбранного в тексте G-кода, описанная в задаче 9 - перестаёт работать. Масштабирование колёсиком мыши и передвижение смещением нажатием колёсика остаются работать. Так же должна работать возможность перемещения по слоям – горячими клавишами и шкалой ползунка.

6. В режиме редактирования точек старта, при движении мыши, не отпуская ЛКМ, если курсор наведён на начало или конец любого отрезка, из которых состоит линия данного блока, появляется жёлтый (RGB(254, 221, 0)) вертикальный крестик, вписанный в квадрат со стороной 10 пикселей, расположенный на начале или конце отрезка. Здесь активная зона размером 20 пикселей, то есть если курсор мыши ближе к точке, с любой стороны, чем на десять пикселей, то на этой точке появляется жёлтый крестик. При пересечении двух близко расположенных активных зон, жёлтый крестик отображается на той точке, к которой курсор мыши сейчас ближе находится. Над точкой, где сейчас находится чёрный прямоугольник, жёлтый крестик не появляется. Порядок расположения жёлтого крестика в слоях изображения указан в задаче 9. При необходимости, предоставлю поясняющее видео.

7. В режиме редактирования точек старта, при отпускании ЛКМ возможны два варианта – если отпустили там же, где и нажали, либо отпускание произошло далеко от точек данного блока, то есть жёлтый крестик отсутствует, - то режим просто выключается, выделение блока пропадает и дальше всё работает обычным порядком. Если жёлтый крестик присутствует, то появляется диалоговое окно, в котором есть следующие элементы: радиокнопка с тремя положениями, кнопка ОК, Отмена. Окно располагается поверх окна программы, его возможно перемещать. Возможность взаимодействия с другим интерфейсом программы исключена, кроме возможности масштабировать графическое окно и смещать его.

8. Название окна «Изменение точки старта печати». Название радиокнопки – «Область применения». Положения радиокнопки: «Текущий слой», «Указать слой», «Все слои». Под положением «Задать слой» находится неактивная строка ввода текста. Если выбран «Задать слой», то строка ввода становится активной. В строку ввода можно ввести только цифры, запятую, пробел, тире. В строке ввода написан пример, серым цветом и исчезающий как только туда становится курсор: «Например: 1-5, 80, 91-130». Если вводятся данные в недопустимой форме (два и более тире подряд, отрицательное число, две и более запятых подряд и т.п.), снизу появляется красная надпись: «Некорректные данные. Пример того, как нужно заполнять это поле: 2-8, 150, 15-123». Если указан слой, отсутствующий в коде, то снизу появляется красная надпись: «Номер слоя больше возможного. Максимум – 5». (Число слоёв, то что есть в загруженной программе).

Если выбрано положение «Текущий слой», то данное изменение применяется только для текущего слоя.

Если выбрано «Указать слой», то применяется для указанных слоёв.

Если выбрано «Все слои», то применяется для всех слоёв в данном файле.

Принцип применения такой: программа просматривает все линии во всех слоях (если выбрано «Все слои») или указанные слои (если выбрано «Указать слой»). Если встречается замкнутый блок, у которого есть отрезок, начало или конец которого проходит через координаты указанной точки, то точка старта этого блока переносится в эту указанную точку. При этом координаты следует округлять до 0,1 мм (первый знак после запятой) – для исключения ситуации некой погрешности слайсера, генерирующего G-код.

Когда нажимаем ОК – изменения применяются и диалоговое окно закрывается. Если нажимаем Отмена, диалоговое окно тоже закрывается, но изменения не применяются.

9. Строка под курсором области G-кода, должна подсвечиваться жёлтым (RGB(254, 221, 0)), способом, как это было раньше зелёным. Находиться она должна так же на плоскости рисунка, не иметь перспективных искажений. Толщина – 8 пикселей. Очередность наложения:

- самое нижнее наложенное изображение это метровая сетка, перекрывается всем;
- выбранная в тексте G-кода строка (была зелёным);
- слои печати (красный, код G1);
- холостые пробеги (синий, код G0);
- нумерация блоков печати в слое;
- пунктир курсора мыши;
- жёлтый крестик режима редактирования точек старта печати;
- самое верхнее – текст статистики, ничем перекрыто быть не может.

Если курсор в области G-кода указывает на пустую строку, либо на M-код, либо на комментарий – ничего дополнительно подсвечиваться не должно.

Шкала ползунка

10. При нажатии на произвольное место шкалы, ползунок перемещается туда и, если ЛКМ всё ещё не отпущена, двигается синхронно с вертикальным движением курсора мыши. Когда ЛКМ отпущена, ползунок не двигается. Сейчас всё так и происходит, кроме как если сделать щелчок ЛКМ в произвольном месте шкалы, ползунок мигнёт, но туда не переместится.

Окно G-кода

11. Над окном G-кода нужна область, где разместится галочка «Автоматическое обновление». А рядом кнопка Обновить. Если нажата галочка, то обновление графического окна происходит сразу после изменения G-кода, а кнопка Обновить становится неактивной.

Задержку не надо. Если загружен простой элемент, на пару десятков-сотен строк G-кода, полагаю, что проблем не будет. Если галочка снята, то кнопка Обновить становится активной. Примерный внешний вид и расположение элементов см. на Рис. 3.

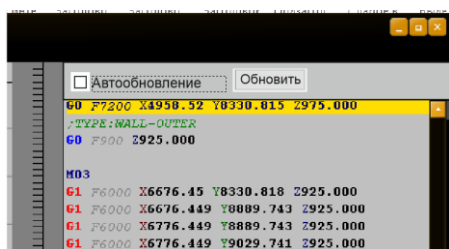


Рис. 3